

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DENISE VOLPI

**COMPORTAMENTO INGESTIVO E CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS EM
SISTEMAS EM INTEGRAÇÃO: AVALIAÇÃO VISUAL E BIOACÚSTICA**

CURITIBA

2017

DENISE VOLPI

**COMPORTAMENTO INGESTIVO E CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS EM
SISTEMAS EM INTEGRAÇÃO: AVALIAÇÃO VISUAL E BIOACÚSTICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Maity Zopollatto
Coorientadora: Dra. Fabiana Villa Alves

CURITIBA

2017

V932 Volpi, Denise

Comportamento ingestivo e conforto térmico de bovinos em sistemas em integração: avaliação visual e bioacústica / Denise Volpi. Curitiba: 2017.

71 f.; il.

Orientadora: Maity Zopollatto

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

1. Bovino - Comportamento. 2. Animais – Proteção.
3. Animais - Comportamento. I. Zopollatto, Maity. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDU 636.033



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós Graduação em ZOOTECNIA
Código CAPES: 40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **DENISE VOLPI**, intitulada: **""Comportamento ingestivo e conforto térmico de bovinos em sistemas em integração: avaliação visual e bioacústica""**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

Curitiba, 22 de Fevereiro de 2017.

MAITY ZOPOLLATTO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

PATRICK SCHMIDT
Avaliador Interno (UFPR)

JULIO KUHN DA TRINDADE
Avaliador Externo (FEPAGRO)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo o que me concede/concedeu; pelos obstáculos que me fazem buscar o autoconhecimento e aumentam minha fé. Independentemente de sua religião ou crença seja grato a algo ou alguém, ninguém se basta.

Aos meus amados e queridos pais. Não sei exatamente o que escrever, sinto que nada será suficiente para expressar o quanto sou grata. Sem dúvidas, nada disso seria possível sem o amor, confiança e apoio infindável de vocês. Obrigada.

À Universidade Federal do Paraná, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia por todo o conhecimento proporcionado. Conhecimento este que não se refere apenas à teoria, mas que também me ensinou a pensar de forma crítica.

À minha orientadora Profa. Maity (Mãety) por, primeiramente, ter aceitado me orientar, e não apenas por isso (que já não é simples), mas por ter me acolhido tão bem, por saber exigir e chamar a atenção quando necessário, assim como reconhecer um bom feito. Por sempre estar prontamente disponível, pelas explicações dadas (e que ainda precisarei), pelos cafés e conversas, pelas inúmeras dicas durante a prática de docência, enfim, você é um exemplo.

À Embrapa, pela oportunidade e suporte à realização da pesquisa.

À minha coorientadora Dra. Fabiana. Agradecer apenas pela oportunidade e pela confiança depositada desde a graduação realmente seria “apenas”, seria pouco. Obrigada pelo conhecimento transmitido; pela orientação científica, profissional e pessoal; por me fazer ser paciente, mas ao mesmo tempo ir atrás de meus interesses; por acreditar em mim.

Aos colegas e técnicos da Embrapa Gado de Corte, especialmente ao Paulino e ao “babá” Odivaldo que sempre estiveram presentes e tanto ajudaram no que fosse necessário. A ética e o esforço de vocês são algo indescritível.

Aquele que é a “riqueza da Biana”, que compõe a “Dupla eficiência”, que é o par de “O Magro & o Magro”... Alan, sempre tive a certeza que poderia contar contigo durante os experimentos e, agora, além de reconhecer e agradecer por isso, gostaria de agradecer também pela paciência, pelas brincadeiras, cavalheirismo e, acima de tudo, pelo respeito. GAlan!

Ao meu irmão Everaldo. Sinto o seu amor e agradeço por não me deixar desistir, por me fazer ser racional nos momentos de desespero. Seu apoio é muito importante.

Aos amigos “do MS”, “dos altos do Glaucé” e do “Cafofo da Embrapa”, Luiz, Naomi, Guilherme e Juliana Mara. Eu acho que gosto de vocês. Então creio que devo agradecê-los por isso; não sei porquê, mas como diria um de vocês “é bem fresco esse tal de amor”.

E por último, mas de forma alguma menos importante, a todos do querido Centro de Pesquisa em Forragicultura (CPFOR/UFPR) do qual aprendi a cuidar e zelar devido aos bons exemplos vindos de vocês. Prof. Patrick, Lucelia, Rasiel, Charles e Eduardo, muito obrigada pelos eventos gastronômicos, pelas brincadeiras, pelas palavras de conforto, por me ouvirem, pela paciência e pela disposição para me ensinar. Vocês são demais!

*Ao meu pai Nelson e à minha mãe Elizabeti
Pelo amor e apoio incondicional,
Dedico.*

*“Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco;
À medida em que vamos adquirindo conhecimento, instala-se a dúvida”*

Johann Goethe

RESUMO

VOLPI, DENISE. Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal do Paraná, fevereiro de 2017. **Comportamento ingestivo e conforto térmico de bovinos em sistemas em integração: avaliação visual e bioacústica.** Orientadora: Dra. Maity Zopollatto. Coorientadora: Dra. Fabiana Villa Alves.

Entre os vários benefícios dos sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), destaca-se o maior conforto térmico aos animais. O comportamento ingestivo, aliado às variáveis e aos índices microclimáticos, permite inferir sobre este estado. Porém, a observação visual, comumente utilizada para a mensuração do comportamento, apresenta limitações que podem comprometer a qualidade dos dados. Por isso, a bioacústica tornou-se alvo de estudos por potencialmente minimizar e/ou eliminar tais problemas. Objetivou-se avaliar o uso do método acústico para a mensuração do comportamento ingestivo e o conforto térmico de 38 novilhas Nelore (*Bos taurus indicus*) em dois sistemas de produção em integração. Os sistemas avaliados foram: sistema em integração lavoura-pecuária (ILP) com 5 árvores/ha remanescentes do Cerrado, e sistema ILPF com *Eucalyptus urograndis* de oito anos de idade dispostos em linhas de 22 m x 2 m, resultando em densidade de 227 árvores/ha; ambos com pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. O microclima dos sistemas foi avaliado por meio de termohigrômetros dataloggers, alocados ao sol e à sombra, no qual registravam temperaturas ambiente, de globo negro e de ponto de orvalho e umidade relativa do ar a cada hora. A velocidade do vento, mensurada de forma manual com anemômetro digital, também foi realizada a cada hora. Para a avaliação do comportamento ingestivo por meio de bioacústica, nove novilhas Nelore foram equipadas com gravador de áudio e microfone de lapela. Simultaneamente, realizou-se observação visual instantânea das atividades comportamentais (pastejo, ruminação e outras atividades), das 8h00 às 16h00 (GMT +4h00), em intervalos de dez minutos. Para a avaliação do desempenho, os animais foram pesados a cada 30 dias. O período experimental compreendeu janeiro a maio de 2016, em dois dias consecutivos de cada mês. O componente arbóreo reduz a temperatura de globo negro, a carga térmica radiante e a velocidade do vento, porém não altera as demais variáveis climáticas. Novilhas Nelore no sistema em ILPF, em relação à ILP, despendem maior tempo pastejando e menor tempo ruminando, assim como utilizam locais de sol e sombra de maneira semelhante. Não houve diferença significativa de desempenho animal entre os sistemas, exceto para a maior taxa de lotação do sistema em ILP. Em relação à bioacústica, os tempos médios, em minutos, das atividades de pastejo, ruminação e outras atividades, obtidos pelos métodos visual (334,8; 62,52; 82,69, respectivamente) e acústico (311,4; 62,46; 106,2, respectivamente), foram semelhantes entre si ($p < 0,05$). A bioacústica possui precisão igual ao método visual e pode ser utilizada para a avaliação do comportamento ingestivo de bovinos à pasto por períodos maiores que oito horas.

Palavras-chave: ambiência, bem-estar animal, ILPF, pastejo, ruminação, som

ABSTRACT

VOLPI, DENISE. Master's degree in Animal Science. Federal University of Paraná, February 2017. **Ingestive behavior and thermal comfort of cattle in integrated systems: visual evaluate and bioacoustics.** Advisor: PhD. Maity Zopollatto. Co-advisor: PhD. Fabiana Villa Alves.

Among the many benefits of the integrated crop-livestock-forestry systems (ICLF), the greatest thermal comfort to animals stands out. The ingestive behavior associated with variables and microclimatic indexes allows inferring about this state. However, visual observation, generally used for measure behavior has limitations that can compromise data quality. Therefore, bioacoustics began to be study for potentially minimize or eliminate such limitations. The objective of this study was to evaluate the use of the acoustic method to measure the ingestive behavior and thermal comfort of 38 Nellore (*Bos taurus indicus*) heifers in two integrated systems production. The systems evaluated were: integrated crop-livestock system (ICL) with 5 trees ha⁻¹ Cerrado's remnants, and ICLF system with *Eucalyptus urograndis*, eight years old, arranged in lines of the 22 m x 2 m resulting in density of 227 trees ha⁻¹; Both with pasture of *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. The system's microclimate was evaluated by thermohygrometer dataloggers located in the sun and in the shade. These measured the ambient, the black globe and the dew point temperatures and relative humidity every hour. The wind speed, measured manually by digital anemometer, also was evaluated every hour. For the evaluation of ingestive behavior by bioacoustics, nine Nellore heifers were equipped with audio recorder and lapel microphone. Simultaneously, visual observation of behavioral activities (grazing, rumination and other activities) was performed from 8:00 am to 4:00 pm (GMT +4h00) at ten minutes intervals. For the performance evaluation, the animals were weighed every 30 days. The experimental period occurred from January to May 2016, on two consecutive days of each month. The arboreal component reduces the black globe temperature, radiant heat load and wind speed but not change the other climatic variables. Nellore heifers in ICLF system, in relation to the ICL, spend more time grazing and less time ruminating, as well as uses the sun and shade equally. There was no significant difference in animal performance between systems, except for the higher stocking rate in ICL system. In relation to bioacoustics, the average times in minutes on grazing, rumination and other activities obtained by visual (334.8, 62.52, 82.69, respectively) and acoustic methods (311.4, 62.46, 106.2, respectively) were similar ($p < 0.05$). Bioacoustics has accuracy equal to the visual method and can be used for the evaluate cattle ingestive behavior at pasture in periods greater than eight hours.

Keywords: ambience, animal welfare, grazing, ICLF, rumination, sound

LISTA DE FIGURAS

Figura 01.	Zona de conforto térmico e utilização de energia pelo animal para termorregulação de acordo com a temperatura ambiente.....	15
Figura 02.	Bovinos Brangus (A) e Nelore (B) sob sombra natural em Mato Grosso do Sul.....	19
Figura 03.	Principais características de uma onda sonora senoidal.....	22
Figura 04.	Johan Dalgas Frisch, primeiro pesquisador a utilizar gravadores de áudio portáteis no Brasil.....	23
Figura 05.	Fração de um sinal acústico com os eventos de apreensão (A), mastigação (M) e mastigação-apreensão (MA).....	27
ARTIGO II		
Figura 01.	Equipamentos de bioacústica e suas posições.....	56
Figura 02.	Compilado de fragmentos de registros sonoros de eventos de pastejo, ruminação e outras atividades.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 01.	Principais avanços do uso da técnica de bioacústica em ruminantes.....	24
Quadro 02.	Trabalhos de avaliação de bioacústica em ruminantes no Brasil.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 01.	Índice de conforto térmico e variáveis meteorológicas e fisiológicas de bovinos durante os períodos chuvoso e seco em Sobral, CE.....	17
------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ARTIGO I

Tabela 01.	Variáveis microclimáticas, carga térmica radiante (CTR) e índices de temperatura e umidade (ITU) e de globo negro e umidade (ITGU) de sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP) e seus respectivos locais.....	48
Tabela 02.	Porcentagem de tempo das atividades de comportamento ingestivo de bovinos Nelore e seus respectivos locais em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP) em período de 06h00 às 18h00.....	49
Tabela 03.	Desempenho médio de novilhas Nelore em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).....	50

ARTIGO II

Tabela 01.	Tempos médios em minutos de cada atividade do comportamento ingestivo, de acordo com o método de avaliação.....	60
------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	CONFORTO TÉRMICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO	15
2.1.1	Zona de conforto e estresse térmico	15
2.1.2	Sistemas de produção em integração	18
2.1.2.1	Conforto térmico em sistemas de produção em integração.....	19
2.1.3	Bem-estar animal, ambiência e aplicações.....	20
2.2	BIOACÚSTICA.....	21
2.2.1	Bioacústica em animais de produção com ênfase em ruminantes	25
2.3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
3	ARTIGO I - Microclima e comportamento ingestivo de novilhas Nelore em sistemas de produção em integração lavoura-pecuária-floresta.....	34
3.1	Introdução	36
3.2	Material e Métodos	37
3.2.1	Análise estatística.....	40
3.3	Resultados e Discussão	41
3.4	Conclusão.....	43
3.5	Agradecimentos	44
3.6	Referências.....	44
4	ARTIGO II - Bioacústica como Ferramenta de Avaliação do Comportamento Ingestivo de Bovinos à Pasto	51
4.1	Introdução	52
4.2	Material e Métodos	54
4.2.1	Período e unidades experimentais	54
4.2.2	Avaliação visual	54

4.2.3	Avaliação acústica.....	54
4.2.4	Tratamento matemático e análise estatística	57
4.3	Resultados e Discussão	57
4.4	Conclusão.....	61
4.5	Agradecimentos	62
4.6	Referências.....	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS	65

1 INTRODUÇÃO GERAL

O sistema intensivo de produção de bovinos a pasto confere vantagem competitiva ao Brasil no mercado externo por diminuir os custos de produção. Porém, ainda há muitos desafios a serem solucionados para se obter uma pecuária de alta produtividade, e um desses desafios é o clima tropical.

O estresse térmico, causado pela combinação desfavorável de variáveis climáticas (temperatura, umidade, vento), pode afetar direta e indiretamente os animais, principalmente aqueles mantidos em pastagens (NEVES et al., 2009). Estimar quanto o ambiente produtivo é “estressante” ou “confortável” é complexo e estudos deste tipo, em condições à campo, são escassos e recentes (ALVES, 2012). Entretanto, a análise das variáveis climáticas de forma isolada demonstra apenas o estado térmico do meio, não sendo possível inferir se este é adequado ou não sem avaliações no animal, que é o verdadeiro indicador da qualidade do ambiente.

Em condições de estresse térmico, os bovinos utilizam mecanismos reguladores de temperatura corporal na tentativa de manter a homeotermia. Estes mecanismos podem ser fisiológicos e/ou comportamentais, incluindo então modificações no comportamento ingestivo como forma de contornar situações adversas, sejam elas relacionadas ao ambiente térmico ou à qualidade e quantidade do alimento ofertado.

Os sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta, entre outros benefícios, têm se destacado por melhorar o microclima dos sistemas de produção e proporcionar conforto térmico aos animais devido ao sombreamento natural (PIRES; TEODORO; CAMPOS, 2000). Consequentemente, os ciclos de pastejo podem ser distribuídos ao longo do dia, sem haver concentrações em períodos mais frescos (início da manhã e final da tarde), como habitualmente ocorre em situações de estresse térmico.

Assim, o monitoramento e análise do comportamento ingestivo pode ser utilizado como ferramenta para avaliar o meio no qual o animal está inserido, sob diferentes perspectivas. No entanto, há poucas técnicas que mensuram com precisão as atividades nictemerais relacionadas a este comportamento em bovinos de corte à pasto.

Basicamente existem três técnicas: acelerometria, observação visual e bioacústica. A acelerometria consiste em captar os movimentos realizados pelo animal por meio de sensores e um *software* fará o reconhecimento do sinal. Porém, os acelerômetros são relativamente caros e imprecisos, podendo super ou subestimar os resultados ou apresentar dados que representam dois comportamentos (GALLI et al., 2006).

A observação visual é a metodologia mais utilizada para a avaliação do comportamento de animais domésticos e em cativeiro. Apesar de poder proporcionar boa descrição das atividades comportamentais, apresenta limitações que podem afetar a qualidade dos dados.

Por sua vez, a bioacústica surge como metodologia que potencialmente pode solucionar as deficiências apresentadas pela observação visual, como, por exemplo, a mensuração noturna do comportamento e a determinação da atividade de ruminação, difícil de ser observada dependendo da posição em que a cabeça do animal se encontra em relação ao observador (DA TRINDADE et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o conforto térmico de bovinos em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta com braquiária, com ênfase na validação da bioacústica como ferramenta alternativa à avaliação do comportamento ingestivo de ruminantes à pasto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONFORTO TÉRMICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO

2.1.1 Zona de conforto e estresse térmico

Conforto térmico se refere ao estado em que o organismo se encontra quando o balanço térmico é nulo, ou seja, quando o calor que o organismo produz somado ao que ele ganha do ambiente é igual ao calor perdido através de condução, radiação, convecção e evaporação. Por sua vez, estresse térmico é a força com a qual os componentes do ambiente térmico atuam sobre o organismo, no qual provocará uma reação fisiológica proporcional à intensidade da força aplicada e a capacidade do organismo em dissipar os desvios causados pela força (SILVA, 2000).

Em outras palavras, situações de estresse térmico ocorrem quando o animal está em ambiente com temperaturas abaixo da temperatura crítica inferior (TCI) ou acima da temperatura crítica superior (TCS), no qual sofrerá de estresse por frio ou por calor, respectivamente (Figura 01).

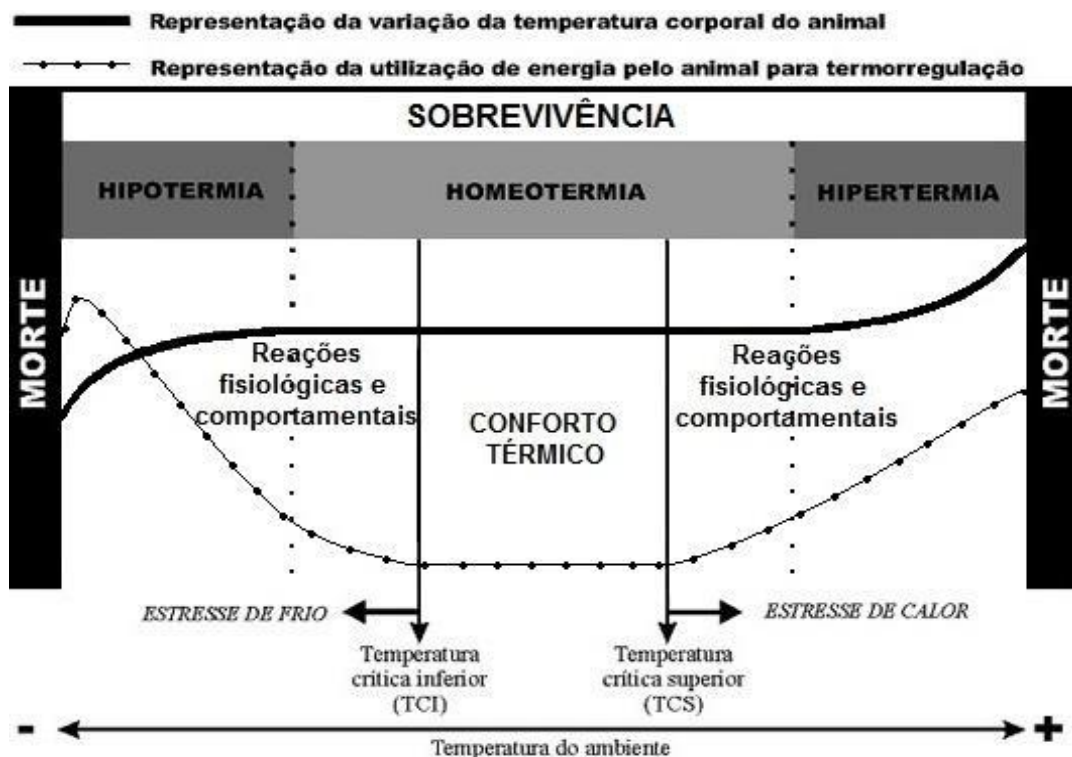


Figura 01. Zona de conforto térmico e utilização de energia pelo animal para termorregulação de acordo com a temperatura ambiente

Fonte: adaptado de Baccari Jr. (1998).

Quando o animal não sofre de estresse térmico é dito que este se encontra na zona de conforto térmico (ZCT) ou zona de termoneutralidade, delimitada pelas TCI e TCS, a qual representa uma faixa de temperatura ambiente ótima (BACCARI Jr., 1998). Nestas condições, o organismo gasta o mínimo de energia para manter a temperatura corporal constante, direcionando a energia proveniente da dieta para outros processos fisiológicos como, por exemplo, crescimento e reprodução.

De maneira geral, bovinos europeus adultos estão na ZCT quando a temperatura ambiente se encontra entre -6 a 27°C , enquanto que, para bovinos zebuínos adultos, a ZCT está entre 7 a 35°C (SILVA, 2000). Entretanto, apenas a temperatura ambiente não indica a percepção pelo animal, é necessário analisar outras variáveis em conjunto para que seja possível inferir sobre a sensação térmica.

Os indicadores de conforto térmico podem ser obtidos por meio de: dados ambientais (Índice de Temperatura e Umidade – ITU, Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade – ITGU etc); parâmetros fisiológicos (temperatura retal, frequência respiratória, frequência cardíaca, taxa de sudação etc) e/ou; variáveis comportamentais (estereotípias ou modificações no repertório comportamental) (AZEVEDO; ALVES, 2009).

A combinação de variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento) compõem índices que caracterizam o ambiente e estimam a sensação térmica do animal, o que possibilita indicar se este se encontra ou não em estado de conforto. Com base no ITU, o ambiente pode ser classificado em: ameno (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98) (WIERSMA *apud* ARMSTRONG, 1994). Por sua vez, a partir do ITGU, o ambiente se divide em: confortável (até 74), alerta (75 a 78), perigoso (79 a 84) e emergência (maior que 84) (BAÊTA, 1985). Ambas classificações foram desenvolvidas para vacas em lactação confinadas nos Estados Unidos, porém são amplamente utilizadas para bovinos em diversos sistemas.

Os mecanismos fisiológicos e comportamentais de regulação da temperatura corporal também podem ser utilizados como indicadores indiretos de estresse térmico. Dentre os meios utilizados para dissipar calor podem ser citados: aumento das frequências respiratória e cardíaca, sudorese, aumento da ingestão de água, redução do consumo de alimentos, busca por sombra, alteração dos picos de pastejo etc (RODRIGUES, 2006). Em situações de estresse por frio, alguns meios utilizados para manter e gerar calor corporal são: aglomeração de indivíduos, aumento de atividade física, metabólica e de consumo de alimentos, piloereção, tremores etc.

Dependendo da intensidade da força, estes mecanismos podem não ser suficientes para manter a homeotermia, resultando em alterações a nível celular e hormonal como, por exemplo,

aumento de hematócritos, altos níveis de ácido lático e cortisol, desequilíbrio nos níveis de hormônios tireoidianos, entre outros.

A Tabela 01 apresenta as mudanças fisiológicas de bovinos expostos a diferentes períodos do ano e horários do dia. A alta temperatura retal no período chuvoso ocorre devido à dificuldade dos animais em trocar calor com o ambiente, visto a alta umidade relativa do ar que dificulta a perda de calor latente (evaporação), que é o principal mecanismo termorregulador da espécie. Consequentemente, aumenta-se a frequência respiratória e reduz-se a taxa de suduação (SOUSA Jr. et al., 2008).

Tabela 01. Índice de conforto térmico e variáveis meteorológicas e fisiológicas de bovinos durante os períodos chuvoso e seco em Sobral, CE

VARIÁVEIS	PERÍODO CHUVOSO (ABR-JUN)		PERÍODO SECO (OUT-DEZ)	
	9:00	15:00	9:00	15:00
Temperatura do ar (°C)	28.1	30.2	32.3	35.7
Umidade do ar (KPa)	2.92	2.86	2.28	2.34
ITGU	92	92	90	91
Temperatura retal (°C)	39.1±0.06 ^a	40.4±0.12 ^b	39.0±0.09 ^b	39.6±0.08 ^b
Frequência respiratória (movimentos/min)	48.0±8.7 ^a	53±9.3 ^a	41±8.8 ^b	48±7.5 ^a
Taxa de suduação (g/m/h)	154.9±7.4 ^b	174.9±8.2 ^b	221.2±7.2 ^b	346.4±7.5 ^a

*Médias com letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: adaptado de Sousa Jr. et al. (2008).

Em geral, se o ambiente possui alta temperatura e baixa umidade relativa do ar, os mecanismos evaporativos de perda de calor (respiração e suduação) serão utilizados intensamente, podendo causar irritação cutânea e desidratação. Se o ambiente possui alta temperatura e alta umidade relativa do ar, os mecanismos não evaporativos (condução, radiação e convecção) serão insuficientes para manter a homeotermia, resultando em aumento da temperatura corporal (SILVA, 2000).

2.1.2 Sistemas de produção em integração

As atuais práticas agropecuárias, caracterizadas por sistemas padronizados e monoculturas, alcançaram um patamar de primor onde é necessário esforço para que haja incremento de produção sem que a biodiversidade seja ameaçada (BALBINO; MARTINEZ; GALERANI, 2011). Diante da necessidade de sistemas de maior produtividade total por unidade de área, o sistema de produção em integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) visa a produção sustentável por meio da integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes e contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011).

Basicamente, os efeitos sinérgicos ocorrem devido a correção de fertilidade do solo e demais tratamentos culturais exigidos para a implantação da lavoura. Indiretamente, o componente florestal e as pastagens em sucessão irão se beneficiar dos nutrientes residuais. Dessa forma, as lavouras anuais podem amortizar os custos de formação e/ou recuperação de pastagens degradadas e mesmo da implantação de árvores na área, que normalmente apresentam retorno econômico em longo prazo (GONTIJO NETO et al., 2015).

Sistemas agropastoris ou integração Lavoura-Pecuária (ILP), contribuem à recuperação de pastagens degradadas, mitigação de gases de efeito estufa, fixação biológica de nitrogênio, à conservação de solo e água, ao aumento dos teores de matéria orgânica no solo e à maior estabilidade à produção animal e às culturas anuais (MOZZER, 2011; LATAWIEC et al., 2014). Ainda é possível utilizar os resíduos de beneficiamento dos grãos da lavoura para compor a dieta dos animais (ALMEIDA & MEDEIROS, 2015).

Quando integrados com o componente florestal, além dos benefícios do sistema ILP, a melhoria na qualidade física, química e biológica do solo é potencializada visto o aproveitamento de camadas mais profundas do solo pelas raízes das árvores que, consequentemente, aumentam a ciclagem e aproveitamento de água e nutrientes, assim como reduz a pressão por abertura de novas áreas, principalmente em regiões com grande fragmentação de remanescentes florestais naturais (BALBINO; MARTINEZ; GALERANI, 2011) e demanda por produtos madeireiros e celulose (NICODEMO & MELOTTO, 2015).

O estudo feito pela consultoria Kleffmann Group e apresentado pela Rede de Fomento ILPF na Conferência do Clima em 2016 (COP22), mostra o aumento de 6 milhões de ha de áreas reflorestadas com ILPF entre 2010 e 2015, e que grande parte da adoção foi feita por pecuaristas dos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso objetivando a redução do impacto ambiental.

Isto demonstra que os sistemas ILPF estão quebrando preconceitos até mesmo de regiões e empreendedores rurais mais tradicionalistas; indicando que, a cada dia, a preocupação com o meio ambiente é uma realidade nos sistemas de produção modernos.

2.1.2.1 Conforto térmico em sistemas de produção em integração

Embora os sistemas em integração tenham sido criados com o intuito de recuperar solos e pastagens degradadas, estes sistemas também têm se destacado por melhorarem o microclima e proporcionarem conforto térmico aos animais, visto que a presença do componente arbóreo reduz a incidência de radiação solar, modificando a temperatura e a umidade relativa do ar (BALISCEI, 2011; KARVATTE Jr. et al., 2016).

Essa melhoria no microclima é observada tanto em sistemas em integração com árvores nativas quanto com árvores cultivadas em diferentes arranjos, podendo reduzir a temperatura ambiente de 2 a 8°C à sombra em relação a pleno sol (ALVES, 2012). Também são observadas mudanças na temperatura de globo negro onde, no verão, é possível obter uma diferença entre sombra e sol de cerca de 6°C, a qual acarretaria o aumento de 1°C na temperatura retal e quase o dobro de movimentos respiratórios (COLLIER; BEEDE; THATCHER, 1982). Do mesmo modo, há uma tendência à maior taxa de sudação nos animais em pastagens sem sombreamento quando comparado àqueles em sistemas silvipastoris (PIRES et al., 2008).

Embora os benefícios da sombra sejam mais evidentes em bovinos *Bos taurus taurus* do que em *Bos taurus indicus*, ambos se beneficiam com a redução do estresse térmico causado pela presença da mesma (GAUGHAN et al., 2009), como observado na Figura 02.



Figura 02. Bovinos Brangus (A) e Nelore (B) sob sombra natural em Mato Grosso do Sul

Fonte: Alan S. Arguelho (2016).

O comportamento ingestivo pode ser utilizado como indicador de estresse térmico. Em condições de alta radiação solar, por exemplo, a atividade de pastejo de bovinos entre 06h00 às 18h00, pode reduzir de 44% para 5% do tempo total, aumentando o tempo de ócio (OLIVEIRA et al., 2011). Além disso, podem preferencialmente despender mais tempo realizando atividades à sombra (SOUZA et al., 2010).

As fases de cria e recria são as mais beneficiadas pelos sistemas em integração com presença de árvores, visto seu potencial na melhoria da temperatura do sistema e devido à maior qualidade nutricional da pastagem. Coelho et al. (2011), avaliando o comportamento de bezerras Nelore em dois sistemas ILPF no Cerrado, observaram que os animais passaram a maior parte do tempo pastejando à sombra, especialmente nos horários mais quentes do dia. Além de afetar o consumo, o estresse térmico também pode influenciar a agilidade de bezerros neonatos e, conseqüentemente, aumentar o período de latência para ingerir o colostro (TOLEDO et al., 2007).

Por isso, fornecer opções para que o animal demonstre sua preferência é imprescindível para o bem-estar animal, e a oferta de sombra natural é considerada a medida mais eficaz e barata à minimização do estresse térmico, principalmente na região intertropical.

2.1.3 Bem-estar animal, ambiência e aplicações

Atualmente há grande pressão do mercado consumidor externo, principalmente de países europeus, quanto ao cumprimento de padrões mínimos de bem-estar animal (BEA) durante a produção. Estas exigências são cada vez mais rigorosas e aderidas por outros países, consolidando-se progressivamente como barreira não-tarifária. Em 2015, a Europa foi o principal destino dos cortes nobres brasileiros, sendo assim, o principal regulador do comércio e, conseqüentemente, o preditor da qualidade do produto (BRASIL, 2015).

Bem-estar animal é um conceito complexo e multidimensional que envolve fatores fisiológicos (desempenho, status sanitário), psicológicos (estados emocionais) e comportamentais (expressão do comportamento natural da espécie). No caso de bovinos, atender aos dois últimos fatores (psicológicos e comportamentais) envolve o acesso às pastagens, porém, uma vez que este critério é atendido, os animais paradoxalmente estão sujeitos às intempéries climáticas e ao estresse térmico (PIRES; PACIULLO, 2015).

De fato, em ambiente tropical, o clima é um dos maiores desafios à produção animal do tipo extensivo, e mesmo sendo um dos principais fatores a serem considerados na pecuária, é subestimado. Proporcionar um ambiente termicamente confortável tem como objetivo evitar

que os animais sofram por estresse térmico, que influenciará negativamente no seu desempenho (PIRES; PACIULLO; PIRES, 2010). Condições de estresse intensas e constantes podem comprometer funções celulares e, conseqüentemente, o crescimento, a produção de leite, sobrevivência embrionária, qualidade espermática etc (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994).

Embora os efeitos do estresse térmico sejam mais evidentes em bovinos leiteiros, que imediatamente reduzem a produção de leite, os bovinos de corte também são afetados; porém, os efeitos serão quantificados mais tardiamente, por vezes somente no momento do abate ou nunca quantificados. Mesmo bovinos tolerantes ao clima tropical, como é o caso dos zebuínos, quando mantidos sob altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (35°C e 50%, respectivamente), produzem carne com pH mais alto no *post mortem* (KADIM et al., 2004). Isto, além de influenciar a maciez, também resulta em um produto com baixa aceitação pelo consumidor devido à coloração mais escura e menor vida de prateleira, característico de carnes DFD (*dark, firm, dry*).

Apesar do BEA não ser algo comercializável, à medida que a sociedade passa a reconhecer a forma como os animais são criados como fator importante, este se torna valorado economicamente (MOLENTO, 2005). Entre as cinco tendências mundiais de mercado, duas tratam da “confiabilidade e qualidade” e “sustentabilidade e ética”, que indicam a disposição em pagar mais por produtos de maior qualidade e o engajamento dos consumidores em prol do social e ambiental. No Brasil, essas atitudes abrangem cerca de 23% e 21% do mercado consumidor, respectivamente, com forte tendência de crescimento (FIESP/ITAL, 2010). Portanto, prover qualidade de vida aos animais de produção, além de ser uma questão ética e moral, também é uma demanda mercadológica.

2.2 BIOACÚSTICA

A bioacústica é um ramo da zoologia, ligado à física e à matemática, que consiste no estudo dos sons emitidos pelos animais, fundamentais às espécies que os usam por serem essenciais à sua comunicação (VIELLIARD; SILVA, 2004). A palavra acústica vem do grego *akouein*, que significa “para ouvir”. Aparentemente, a primeira pessoa a aplicar a acústica como ciência foi o matemático francês Joseph Sauveur, em 1701 (ROSSING, 2007).

O som é uma qualidade perceptiva provinda de distúrbios das moléculas de um meio em um espaço de tempo. Este se apresenta como ondas, cuja forma mais simples é do tipo senoidal e possui três características principais: repetição, amplitude e comprimento (Figura 03). Se uma

onda se repete significa que há uma frequência de acontecimentos no tempo. Isto exhibe outra característica das ondas sonoras, a frequência, a qual é expressa em ciclos/segundo, denominados *Hertz* (Hz). O conjunto de características de uma onda de forma fechada compõe um envelope, fundamental à distinção de fontes sonoras (LAZZARINI, 1998).

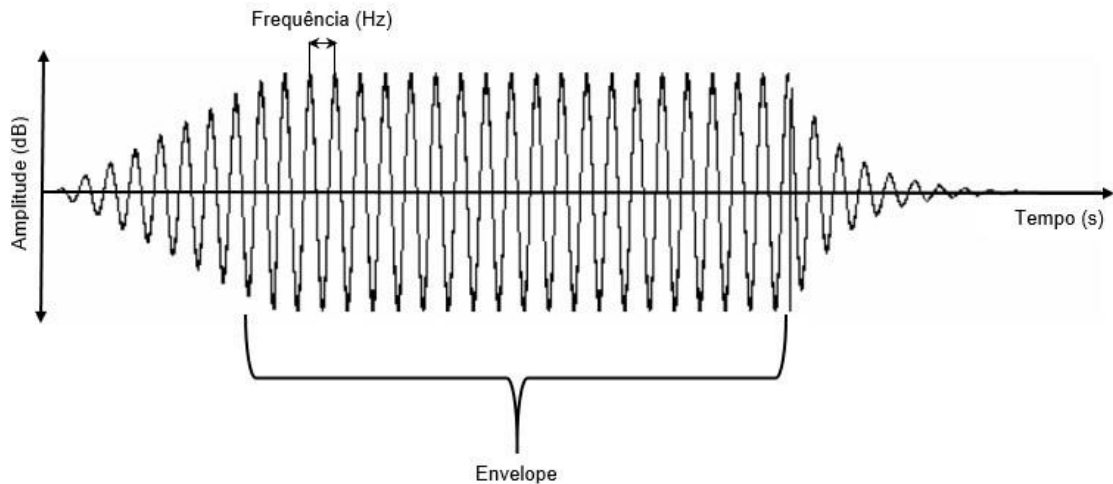


Figura 03. Principais características de uma onda sonora senoidal

Fonte: adaptado de Lazzarini (1998).

O princípio da técnica de bioacústica consiste na gravação do sinal sonoro emitido por um indivíduo ou por um grupo. O som é captado por microfone e registrado por gravador de áudio. A escolha do microfone é fundamental para a qualidade do registro sonoro, pois determina características de gravação, como frequências altas e baixas, campo (direção) e sensibilidade da captação (VIELLIARD; SILVA, 2004).

Há indícios do uso de bioacústica desde a Era pré-histórica, quando o *Homo sapiens neanderthalensis*, observando o comportamento dos animais durante a caça, percebeu que estes atraíam outros indivíduos de sua espécie quando emitiam sons. Então, aprendeu a reproduzir estes sons com a boca como estratégia para reunir animais e facilitar a caçada.

A bioacústica apenas começou a ser vista como potencial área de estudo no século XVII pelo jesuíta alemão Athanasius Kircher (1602-1680), que se dedicava aos estudos de línguas orientais, hieróglifos e música, incluindo a transcrição musical do canto de pássaros. Suas tentativas em transcrever musicalmente as vocalizações de aves são uma das mais antigas da Europa (SZŐKE et al., 1969).

Esta forma primária de transcrição só foi modificada no século XIX por Hercule Florence após retornar da expedição Langsdorff no Brasil (1819-1828). O francês refinou o registro de cantos de pássaros num método chamado “Zoophonia”, o qual se tornou um manuscrito. Este

método se manteve até a Primeira Guerra Mundial, quando os avanços tecnológicos permitiram o registro e a reprodução dos sons e deram início a uma nova área de estudo denominada pela primeira vez de “Bioacústica” (VIELLIARD; SILVA, 2004).

Com o surgimento dos gravadores de áudio portáteis na década de 60, o ornitólogo Johan Dalgas Frisch (Figura 04) foi a primeira pessoa a utilizá-los para gravar o canto do Uirapuru-verdadeiro (*Cyphorhinus arada*). Neste momento, a bioacústica se estabeleceu como poderosa ferramenta de pesquisa, visto que o som é o único sinal de comunicação que pode ser facilmente captado, descrito, reproduzido e quantificado (DIAS, 2013).



Figura 04. Johan Dalgas Frisch, primeiro pesquisador a utilizar gravadores de áudio portáteis no Brasil

Fonte: Cantos de Aves do Brasil (1962).

Dez anos depois deste primeiro registro, a bioacústica ganhou novo enfoque: deixou de ser utilizada apenas para distinguir as espécies na natureza e passou a ser utilizada sob o ponto de vista fisiológico e ecológico. Na década de 80, gravadores digitais e *softwares* começaram a ser comercializados, contribuindo então à consolidação e aprimoramento da técnica para uso em animais silvestres.

A princípio, os estudos de bioacústica contribuíram com as áreas de filogenia e etologia. Na área da etologia, esta metodologia trouxe grandes avanços, pois permitiu obter descrições precisas dos sinais de comunicação sonoros e de seus contextos comportamentais, possibilitando compreender as funções biológicas de determinadas espécies (VIELLIARD; SILVA, 2004).

O ar provindo dos pulmões passa por um diafragma flexível e causa vibrações. O sinal elétrico de saída é proporcional à intensidade dessas vibrações, bem como suas frequências, e dessa forma, tem-se a geração da voz (ANDRIAMANDROSO et al., 2016). No entanto, os sons não-vocais gerados por ações mecânicas como, por exemplo, quando um gorila golpeia o próprio peito com os punhos, aves tamborilam a madeira com o bico, o movimento mandibular dos ruminantes, entre outros, são um campo de estudo ainda mais recente (SCHAFER, 2001).

Segundo Ungar e Rutter (2006), Alkon e Cohen (1986) foram os primeiros pesquisadores a gravarem o sinal acústico de forrageamento ao estudarem o comportamento noturno de porcos-espinhos. Entretanto, Demment et al. (dados não publicados) já haviam monitorado o movimento de mandíbula de bovinos no final de 1980 (DEMMENT, 1992).

Desde então, houve significativo desenvolvimento do método acústico para esta finalidade, especialmente após o ano 2000, onde foi possível obter registros cada vez mais refinados. O Quadro 01 apresenta os principais avanços desta técnica em ruminantes.

Quadro 01. Principais avanços do uso da técnica de bioacústica em ruminantes

ANO	ESPÉCIE	CONTRIBUIÇÃO	AUTORES
1980	Bovinos	Primeiro ensaio (não publicado)	Demment et al.
1991	Bovinos	Desenvolvimento inicial da bioacústica	Matsui e Okubo
1992	Bovinos	Descoberta do movimento composto de mastigação-apreensão	Laca et al.
2000	Bovinos	Necessidade da classificação automatizada dos eventos	Laca e Wallis De Vries
2006	Bovinos	Calibração da gravação para diferentes alimentos	Galli et al.
2006	Bovinos	Proposição da bioacústica como método referência para avaliação do comportamento ingestivo	Ungar e Rutter
2006	Bovinos	Principais diferenças entre os eventos em Hz	Clapham et al.
2009	Ovinos	Início do desenvolvimento de um modelo de reconhecimento automático de atividades	Milone et al.
2011	Ovinos	Uso da técnica para a estimativa de ingestão de matéria seca	Galli et al.
2012	Bovinos	Eliminação da necessidade de calibração individual	Milone et al.

No Brasil, este método chegou apenas em 2008 por meio de Da Trindade (2011), que realizou os primeiros registros acústicos de comportamento ingestivo, tanto em bovinos quanto em ovinos, em pastagens nativas dos campos sulinos. O Quadro 02 apresenta os estudos realizados no Brasil avaliando a bioacústica.

Quadro 02. Trabalhos de avaliação de bioacústica em ruminantes no Brasil

ANO	ESPÉCIE	TRABALHO	AUTORES
2008	Bovinos	Comportamento e consumo de forragem de bovinos	Da Trindade, J.
	e ovinos	de corte em pastagem natural complexa (tese)	K.
2011	Bovinos	Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo (artigo)	Da Trindade et al.
2014	Bovinos	Os sons do pastejo (tese)	Fonseca, L.

Como demonstrado, os trabalhos desse tipo são escassos no Brasil. Por isso, há a necessidade de mais pesquisas utilizando esta técnica para que seja possível aperfeiçoar os equipamentos e a metodologia, além de avançar quanto à qualidade dos dados de comportamento proporcionado pelo detalhamento da técnica, assim como fornecer subsídios à automatização da classificação dos registros sonoros.

2.2.1 Bioacústica em animais de produção com ênfase em ruminantes

Na bovinocultura leiteira, estudos demonstram que a reprodução da vocalização de bezerros aumenta a produção de leite das vacas, indicando a bioacústica e o uso dos princípios etológicos como ferramentas para aumentar a produtividade animal por meio de métodos não invasivos (UNGAR; RUTTER, 2006).

Na avicultura, a bioacústica se aplica desde a identificação do momento de eclosão dos ovos até o estado de conforto térmico das aves. Ainda pode ser utilizada como medida de bem-estar de suínos por meio da mensuração de vocalizações de dor (EXADAKTYLOS; SILVA; BERCKMANS, 2014). Na medicina veterinária, a técnica se destina ao diagnóstico precoce de doenças respiratórias, especialmente em bovinos leiteiros confinados (FERRARI et al., 2010).

Por sua vez, o método acústico também é utilizado para mensurar o comportamento ingestivo, sendo uma excelente forma de avaliar o bem-estar animal e com grau de detalhamento apenas possível por este método (MILONE et al., 2012).

Além de solucionar as principais limitações da observação visual, a bioacústica ainda permite a obtenção de um novo tipo de movimento, a mastigação-apreensão, no qual o animal apreende a forragem e mastiga a anterior com o mesmo movimento de mandíbula (LACA et al., 1992).

Estudos mostram correspondência entre os métodos visual e acústico de 90% e 96% para as atividades de mastigação e apreensão, respectivamente, enquanto que o evento mastigação-apreensão é interpretado apenas como apreensão pelo método visual. Portanto, demonstra ser coerente usar o método acústico como referência, sendo mais confiável que a observação visual para esta finalidade (UNGAR; RUTTER, 2006).

Em ovinos, a bioacústica oferece precisão de 82% para atividades relacionadas ao comportamento ingestivo, além de possivelmente reconhecer espécies forrageiras e a altura da pastagem com uma precisão de, respectivamente, 83,8% e 85%, de acordo com o processamento de sinal e modelo de reconhecimento utilizado (MILONE et al., 2009; MILONE et al., 2012).

Entre as aplicações da avaliação do comportamento ingestivo por bioacústica está, por exemplo, diferir alimentos volumosos e concentrados, o que permite comparar diferentes alimentos e derivar modelos de estimativa de ingestão de matéria seca (GALLI et al., 2006). Também é possível estimar a eficiência do pastejo, o consumo de forragem em sistemas extensivos e avaliar diferentes forrageiras (LACA; WALLIS DE VRIES, 2000), assim como inferir sobre o efeito de estresse crônico e agudo sobre o comportamento animal.

As principais características que contribuem para o sucesso da técnica são o baixo peso dos equipamentos e gravador e microfone quase imperceptíveis, os quais não interferem no comportamento natural da espécie (CLAPHAM et al., 2011). A bioacústica ainda fornece informações não detectáveis por outros métodos, como duração e intensidade de moagem da forragem pelos dentes (GALLI et al., 2006).

Apesar disso, ainda há poucos avanços deste método em ruminantes em pastagens devido às limitações como: pouca memória interna dos gravadores, limitada autonomia de gravações por mais de 48 horas (CLAPHAM et al., 2011); interferência de sons adjacentes comprometendo a coleta de dados (LI; WU, 2015); incapacidade de detectar área de bocado, possível na observação visual (BENVENUTTI; GORDON; POPPI, 2006); maior custo de gravadores com maior autonomia e melhor qualidade de gravação e necessidade de adaptação destes para utilização em condições à campo (CHELOTTI et al., 2014) e; o formato de gravação (*wave*), que requer mais memória para registros de qualidade.

Entretanto, dentre todas as limitações, pode-se afirmar que o maior entrave à disseminação da técnica é a inexistência de *software* para a classificação automática dos eventos, embora haja potencial para fazê-lo (FONSECA, 2014).

A distinção das atividades pela bioacústica é possível, pois estas apresentam características acústicas como, frequência (Hz), intensidade (dB), duração (s) e intervalos (s), que permitem discriminá-las claramente, assim como observado na Figura 05 (DA TRINDADE et al., 2011). Para a maioria dos ouvintes, o som de arranquio da apreensão e o som de moagem da mastigação são facilmente distinguíveis, o que torna o método confiável (UNGAR; RUTTER, 2006).

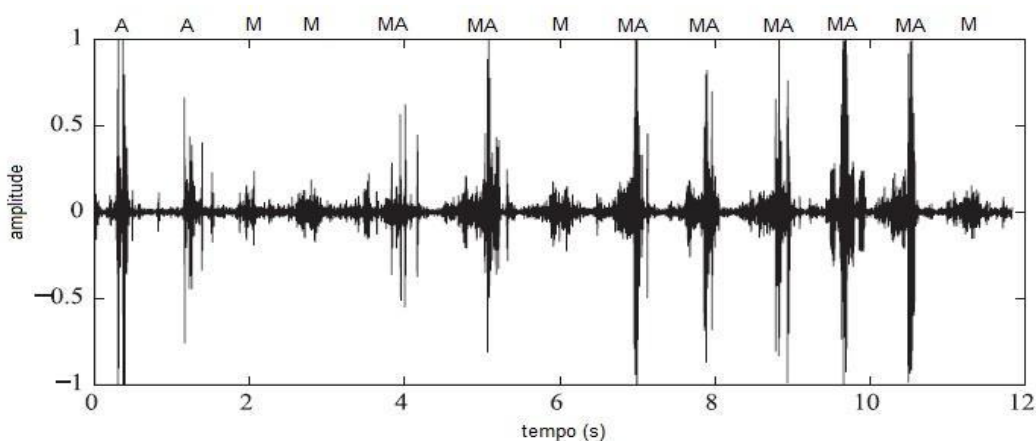


Figura 05. Fração de um sinal acústico com os eventos de apreensão (A), mastigação (M) e mastigação-apreensão (MA)

Fonte: adaptado de Milone et al. (2012).

O som contém todas as informações necessárias para classificar as três atividades mais importantes do comportamento ingestivo (ruminação, mastigação e apreensão). Entretanto, algumas atividades são melhor classificadas pela técnica, devido às características intrínsecas a estas. A ruminação, por exemplo, é discreta e possui início e fim facilmente definíveis; já a atividade de pastejo é mais difícil de classificar devido à sua natureza cíclica, e início e término mal definidos. Nos espectrogramas, a apreensão é caracterizada por picos de frequência perto de 20 kHz, enquanto a mastigação possui frequência de 1 a 5 kHz, demonstrando que as atividades possuem parâmetros que permitem classificá-las de forma automatizada (CLAPHAM et al., 2006).

A bioacústica precisa ser aperfeiçoada para que se torne uma técnica consolidada. Isso cede espaço para que mais pesquisas possam ser feitas a fim de melhorar os sistemas de gravação

para a estimativa de ingestão de matéria seca, para quantificar a mastigação sobre uma vasta gama de alimentos e para mensurar o comportamento ingestivo de forma prática e precisa (GALLI et al., 2006; GALLI et al., 2011).

Ao passo em que os sistemas de produção estão se tornando cada vez mais tecnificados, métodos como este constituem mais uma ferramenta à pecuária de precisão, podendo monitorar e compreender como o animal atua no espaço e no tempo. No entanto, mais estudos são necessários para comprovar as propriedades do som como meio de identificação das atividades de ruminantes baseados em sistemas de baixo custo, além da importante função de divulgação e aplicação dos resultados obtidos, essencial à popularização da técnica.

2.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIAMANDROSO, A.L.H.; BINDELLE, J.; MERCATORIS, B.; LEBEAU, F. A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v. 20, p. 273-286, 2016.

ALMEIDA, R.G.; MEDEIROS, S.R. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 97-116.

ALVES, F.V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D.J. (Ed.). **Sistemas de integração: a produção sustentável**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 143-154.

ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2044-2050, 1994.

AZEVEDO, D.M.M.R.; ALVES, R.A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

BACCARI Jr, F. **Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente**. In: Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite. **Anais...** Piracicaba, SP, Brasil: FAPESP, 1998.

BAÊTA, F.C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. Columbia, TN, 1985, 218 f. Tese (Ph.D.) - University of Missouri.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Ed. bilíngue. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.

BALBINO, L.C.; MARTINEZ, G.B.; GALERANI, P.R. (Ed.). **Ações de transferência de tecnologia para sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta 2007-2010**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 52 p.

BALISCEI, M.A. **Sistema silvipastoril na melhoria do bem-estar de bovinos de corte**. Maringá, 2011, 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá.

BENVENUTTI, M.A.; GORDON, I.J.; POPPI, D.P. The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, v. 61, n. 3, p. 272-281, 2006.

BLACKSHAW, J.; BLACKSHAW, A. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, n. 2, p. 285, 1994.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Relatório anual de exportações brasileiras de carne bovina**. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Brasília, 2015. p. 1-19.

CHELOTTI, J.O.; ARRASIN, C.H.; VANRELL, S.R.; RUFINER, H.L.; GIOVANINI, L.L. **Desarrollo e implementación de un dispositivo de adquisición y almacenamiento de sonidos para ganadería de precisión**. In: VI Congreso Argentino de AgroInformática. *Anais...* Buenos Aires, Argentina: 2014.

CLAPHAM, W.M.; ABAYE, O.; FEDDERS, J.M.; YARBER, E. **Sound spectral analysis of grazing steers**. American Forage and Grassland Council. *Anais...* San Antonio, Texas, USA: 2006.

CLAPHAM, W.M.; FEDDERS, J.M.; BEEMAN, K.; NEEL, J.P.S. Acoustic monitoring system to quantify ingestive behavior of free-grazing cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 76, p. 96-104, 2011.

COELHO, F.S.; ALMEIDA, R.G.; VILLELA, S.D.J.; ALVES, F.V.; MACEDO, M.C.M.; BEHLING NETO, A. **Comportamento diurno de bezerras Nelore em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. *Anais...* Belém, PA, Brasil: 2011.

COLLIER, R.J.; BEEDE, D.K.; THATCHER, W.W. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **Journal Dairy Research**, v. 65, p. 2213-2227, 1982.

DA TRINDADE, J.K. **Comportamento e consumo de forragem de bovinos de corte em pastagem natural complexa**. Porto Alegre, RS, 2011, 208 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DA TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P.C.F.; NEVES, F.P.; PINTO, C.E.; GONDA, H.L.; NADIN, L.B.; CORREIA, L.H.S. Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 965-968, 2011.

DEMMENT, M.W. Integrating sward structure and ingestive behavior to determine intake rate in cattle. **Final Scientific Report for BARD**, p. Project No. US-1329-87, 1992.

DIAS, A.F.S. **Competição por espaço acústico**: adaptações de cantos de aves em uma zona de alta biodiversidade do Brasil Central. Brasília, DF, 2013, 87 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília.

EXADAKTYLOS, V.; SILVA, M.; BERCKMANS, D. Automatic identification and interpretation of animal sounds, application to livestock production optimisation. In: GLOTIN, H. (Ed.). **Soundscape semiotics**: localization and categorization. Rijeka: InTech, 2014. p. 65-81.

FERRARI, S.; PICCININI, R.; SILVA, M.; EXADAKTYLOS, V.; BERCKMANS, D.; GUARINO, M. Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 96, n. 3-4, p. 276-280, 2010.

FIESP/ITAL. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo/Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Brasil Food Trends 2020**. São Paulo, 2010. p. 49-62.

FONSECA, L. **Os sons do pastejo**. Porto Alegre, RS, 2014, 98 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- GALLI, J.R.; CANGIANO, C.A.; DEMMENT, M.W.; LACA, E.A. Acoustic monitoring of chewing and intake of fresh and dry forages in steers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 128, n. 1-2, p. 14-30, 2006.
- GALLI, J.R.; CANGIANO, C.A.; MILONE, D.H.; LACA, E.A. Acoustic monitoring of short-term ingestive behaviour and intake in grazing sheep. **Livestock Science**, v. 140, n. 1-3, p. 32-41, 2011.
- GAUGHAN, J.B.; MADER, T.L.; HOLT, S.M.; SULLIVAN, M.L.; HAHN, G.L. Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 617-627, 2009.
- GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.M.; ALVARENGA, R.C.; QUEIROZ, L.R.; SIMÕES, E.P.; CAMPANHA, M.M. Integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 29-44.
- KADIM, I.T.; MAHGOUB, O.; AL-AJMI, D.S.; AL-MAQBALY, R.S.; AL-MUGHEIRY, S.M.; BARTOLOME, D.Y. The influence of season on quality characteristics of hot-boned beef *m. longissimus thoracis*. **Meat Science**, v. 66, n. 4, p. 831-836, 2004.
- KARVATTE Jr, N.; KLOSOWSKI, E.S.; ALMEIDA, R.G.; MESQUITA, E.E.; OLIVEIRA, C.C.; ALVES, F.V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.1-9, 2016.
- LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N.G.; RAMEY, M.R.; DEMMENT, M.W. An integrated methodology for studying short-term grazing behavior of cattle. **Grass and Forage Science**, v. 47, n. 1, p. 81-90, 1992.
- LACA, E.A.; WALLIS DE VRIES, M.F. Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. **Grass and Forage Science**, v. 55, n. 2, p.97-104, 2000.
- LATAWIEC, A.E.; STRASSBURG, B.B.N.; VALENTIM, J.F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H.N. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1255-1263, 2014.
- LAZZARINI, V. E.P. **Elementos de acústica**. Maynooth: National University of Ireland, 1998.
- LI, Y.; WU, Z. **Animal sound recognition based on double feature of spectrogram in real environment**. In: IEEE Conference on Computer Communications. **Anais...** Hong Kong, China: 2015.
- MILONE, D.H.; RUFINER, H.L.; GALLI, J.R.; LACA, E.A.; CANGIANO, C.A. Computational method for segmentation and classification of ingestive sounds in sheep. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 65, n. 2, p. 228-237, 2009.
- MILONE, D.H.; GALLI, J.R.; CANGIANO, C.A.; RUFINER, H.L.; LACA, E.A. Automatic recognition of ingestive sounds of cattle based on hidden Markov models. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 87, p. 51-55, 2012.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos – revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MOZZER, G.B. Agriculture and cattle raising in the context of a low carbon economy. In: MOTA, R.S. (Ed.). **Climate change in Brazil: economic, social and regulatory aspects**. Brasília: IPEA, 2011. p. 358.

NEVES, M.L.M.W.; AZEVEDO, M.; COSTA, L.A.B.; GUIM, A.; LEITE, A.M.; CHAGAS, J.C. Níveis críticos do Índice de Conforto Térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 167–175, 2009.

NICODEMO, M.L.F.; MELOTTO, A.M. 10 anos de pesquisa em sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 1-28.

OLIVEIRA, S.E.O.; COSTA, C.C.M.; SOUSA Jr, J.B.F.; COSTA, L.L.M.; QUEIROZ, J.P.A.F.; MAIA, A.S.C. **Efeitos da radiação solar no tempo de pastejo de vacas Holandesas em lactação no semi-árido**. In: V Congresso Brasileiro de Biometeorologia. **Anais...** Piracicaba, SP, Brasil: 2011.

PIRES, M.F.A.; SALLA, L.E.; CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C.; PEIXOTO, M.G.C.D.; TEODORO, R.L.; AROEIRA, L.J.M.; COSTA, F.J.N. **Physiological and behavioural parameters of crossbred in single *Brachiaria decumbens* pastures and in silvipastoral system**. In: Livestock and Global Climate Change. **Anais...** Hammamet, Tunisia: EEAP, 2008.

PIRES, M.F.A.; PACIULLO, D.S.C. Bem-estar animal em sistemas integrados. In: LAURA, V.A.; ALVES, F.V.; ALMEIDA, R.G. (Eds.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 117-133.

PIRES, M.F.A.; PACIULLO, D.S.C.; PIRES, J.A.A. Conforto animal no sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 81-89, 2010.

PIRES, M.F.A.; TEODORO, R.L.; CAMPOS, A.T. **Efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos**. Congresso Nordeste de Produção de Ruminantes e Não Ruminantes. **Anais...** Teresina, PI, Brasil: Sociedade Brasileira de Produção Animal, 2000.

RODRIGUES, E. **Fisiologia da homeotermia**. Conforto Térmico das Construções. 2006. Disponível em: < <https://goo.gl/TNQwvF> >, acesso em set/2016.

ROSSING, T.D. A brief history of acoustics. In: _____. **Springer handbook of acoustics**. New York: Springer Science + Business Media, 2007. p. 9-23.

SCHAFER, R.M. Os sons dos animais. In: SCHAFER, R.M. (Ed.). **A afinação do mundo: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora**. São Paulo: Editora UNESP, 2001. p. 66-67.

SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Editora Nobel, 2000.

SOUSA Jr, S.C.; MORAIS, D.A.E.F.; VASCONCELOS, A.M.; NERY, K.M.; MORAIS, J.H.G.; GUILHERMINO, M.M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e

bovinos em diferentes épocas do ano em região semi-árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 127-137, 2008.

SOUZA, W.; BARBOSA, O.R.; MARQUES, J.A.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L.M. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 677-684, 2010.

SZŐKE, A.P.; GUNN, W.W.H.; FILIP, M. The musical microcosm of the hermit thrush. **Akadémiai Kiadó**, v. 11, p. 423-438, 1969.

TOLEDO, L.M.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; TITTO, E.A.L.; FIGUEIREDO, L.A.; ABLAS, D.S. Impactos de variáveis climáticas na agilidade de bezerros Nelore neonatos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1399-1404, 2007.

UNGAR, E.D.; RUTTER, S.M. Classifying cattle jaw movements: comparing IGER Behaviour Recorder and acoustics techniques. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 98, n. 1-2, p. 11-27, 2006.

VIELLIARD, J.; SILVA, M. L. A bioacústica como ferramenta de pesquisa em comportamento animal. **Bulletin**, p. 1-15, 2004.

ARTIGO I - O presente artigo foi elaborado conforme as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

3 Microclima e comportamento ingestivo de novilhas Nelore em sistemas de produção em integração lavoura-pecuária-floresta

Denise Volpi⁽¹⁾, Fabiana Villa Alves⁽²⁾, Alan da Silva Arguelho⁽³⁾, Roberto Giolo de Almeida⁽²⁾ e Maity Zopollatto⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050 Curitiba, PR, Brasil. E-mail: denisevollpi@gmail.com, maity@ufpr.br ⁽²⁾Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Caixa Postal 154, CEP 79106-550 Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: fabiana.alves@embrapa.br, roberto.giolo@embrapa.br ⁽³⁾Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rodovia Aquidauana, Km 12, Zona Rural, CEP 792000-000 Aquidauana, MS, Brasil. E-mail: alanbczoo@gmail.com

Resumo - Os sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) têm se destacado pelo maior conforto térmico do ambiente devido à presença de árvores e consequente sombreamento do sub-bosque. Em bovinos, o estresse térmico provoca desde mudanças fisiológicas a alterações no padrão comportamental, podendo resultar em perdas de produtividade. Objetivou-se avaliar o conforto térmico e seus efeitos sobre o desempenho e comportamento ingestivo de 38 novilhas Nelore em dois sistemas de produção: ILPF, com *Eucalyptus urograndis* dispostos em 22 m x 2 m (densidade de 227 árvores/ha) e, ILP, com 5 árvores dispersas/ha, remanescentes do Cerrado; ambos com pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. O período experimental compreendeu janeiro a março de 2016, em dois dias consecutivos de cada mês, de 6h00 às 18h00. Realizou-se observação visual das atividades comportamentais (pastejo,

ruminação e ócio), bem como a localização (sol ou sombra), em intervalos de 10 minutos. Os dados microclimáticos foram coletados a cada hora. Os animais foram pesados a cada 30 dias para a avaliação do desempenho. O componente arbóreo reduz a temperatura de globo negro, a carga térmica radiante e a velocidade do vento; não houve diferença estatística entre sistemas e locais para as demais variáveis. As novilhas Nelore no sistema em ILPF despendem maior tempo pastejando e menor tempo ruminando, além de realizarem atividades de forma semelhante em ambos locais (sol e sombra). O mesmo não foi observado no sistema ILP predominando atividades ao sol. Não houve diferença estatística de desempenho animal entre os sistemas, exceto para a maior taxa de lotação no sistema em ILP.

Termos para indexação: ambiência, bem-estar animal, conforto térmico, pastejo, sistema silvipastoril

Microclimate and ingestive behavior of Nelore heifers in integrated crop-livestock-forestry systems production

Abstract – Integrated crop-livestock-forestry systems (ICLF) stand out by the greater environment thermal comfort due the presence of trees and consequent shading of the understory. In cattle, the thermal stress causes from physiological changes to behavioral changes, which can result in productivity losses. The objective was to evaluate the thermal comfort and its effects on the performance and ingestive behavior of 38 Nelore heifers in two systems: ICLF, with *Eucalyptus urograndis* arranged in 22 m x 2 m (density of 227 trees ha⁻¹) and ICL, with five dispersed trees ha⁻¹, Cerrado's remnants, both with pasture of *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. The experimental period comprised January to March 2016, in two consecutive days in each month, from 6:00 am to 6:00 pm. Visual observation of behavioral

activities (grazing, rumination and leisure) as well as the location (sun or shade) were performed at ten minutes intervals. The microclimatic data were collected every hour. The animals were weighed every 30 days for performance evaluation. The arboreal component reduce the black globe temperature, the radiant heat load and the wind speed; there was no statistical difference between systems and location for the other variables. Nellore heifers in ICLF system spent more time grazing and less time ruminating, as well as performing similar activities in both locations (sun and shade). The same not observed in ICL system predominating activities in the sun. There was no statistical difference in animal performance between systems, except for the higher stocking rate in the ICL system.

Index terms: ambience, animal welfare, grazing, silvipastoral systems, thermal comfort

3.1 Introdução

O cenário agrícola atual, caracterizado por monocultivos vegetal ou animal, possui processo de produção eficiente e otimizado, porém de alta demanda energética e de recursos naturais, elementos cada vez mais limitados (Balbino et al., 2011). Em meio a este cenário, sistemas de produção alternativos, como os sistemas de produção em integração, se destacam por diversos benefícios e por competirem economicamente com sistemas especializados de pecuária (Martha Jr. et al., 2011).

Novos do ponto de vista científico, os sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) possuem característica dinâmica, especialmente quando integrados com o componente florestal, visto a alteração do padrão de sombra influenciar as demais culturas integradas (vegetal e animal) (Porfírio-da-Silva, 2003).

Em sistemas à pleno sol, os bovinos são constantemente desafiados pelas condições tropicais, modulando seu comportamento ingestivo de acordo com as condições do ambiente

pastoril que, em suma, constitui-se de fatores inerentes ao alimento e ao clima (Reis & Silva, 2011; Decruyenaere et al., 2009). A qualidade nutricional e estrutura da pastagem pode ser considerada fator determinante ao desempenho animal. Entretanto, variáveis microclimáticas atuam como reguladoras de consumo e, em alguns casos, pode influenciar negativamente o desempenho dos animais submetidos a situações de estresse térmico.

Bovinos sob estresse térmico por calor podem reduzir a atividade física, a ingestão de alimentos, o tempo de ruminação, aumentar a frequência de pequenas refeições e, conseqüentemente, prejudicar o desempenho produtivo (Malafaia et al., 2011). Em meio a isto, além de fonte de renda, as árvores no sistema ILPF podem proporcionar ambiente termicamente confortável aos animais por interceptarem parte da radiação solar incidente e modificarem o microclima do sistema (Alves, 2012). Pressupõe-se que sistemas ILPF melhoram as condições microclimáticas e proporcionam conforto térmico aos animais, alterando os padrões de comportamento ingestivo e, conseqüentemente, resultando em maior desempenho.

Objetivou-se avaliar o conforto térmico por meio do comportamento ingestivo de novilhas Nelore em ambientes com diferentes densidades de árvores, e seus efeitos sobre o desempenho animal.

3.2 Material e Métodos

A pesquisa foi realizada entre os meses de janeiro a março de 2016, em dois dias consecutivos de cada mês, de 6h00 às 18h00 (GMT +4h00), na Embrapa Gado de Corte em Campo Grande/MS, Brasil. De acordo com a classificação de Köppen, a região se encontra na faixa de transição entre Cfa e Aw (tropical úmido), com precipitação média nos meses de estudo de 244,9 mm.

A área experimental possui 12 ha, constituída por dois sistemas de produção de 6 ha cada, subdivididos em quatro piquetes de 1,5 ha. Os sistemas de produção são: (i) sistema em

integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com integração espaço-temporal de lavoura de soja (*Glycine max* cv. BRS 255RR), *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) *brizantha* cv. BRS Piatã e eucalipto (*Eucalyptus urograndis* clone H13), com cerca de oito anos, altura média de 26,2 m, configurado em linha simples no sentido leste-oeste e espaçamento de 2 m entre árvores e 22 m entre renques, resultando em densidade de 227 árvores/ha; (ii) sistema em integração lavoura-pecuária (ILP), com integração espaço-temporal de lavoura de soja (*Glycine max* cv. BRS 255RR), *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) *brizantha* cv. BRS Piatã e 5 árvores/ha dispersas em arranjo não definido, pertencentes, em sua maioria, aos gêneros *Gochnatia polymorpha* (Cambará) e *Dipteryx alata* (Cumbaru), nativas do Cerrado. Este último representa uma pastagem convencional devido à pouca quantidade de árvores.

A pastagem foi manejada sob pastejo contínuo, com taxa de lotação variável, mantendo-a em torno de 35 cm de altura. O sistema ILPF possuía cerca de 873,5 kg/ha de disponibilidade de matéria seca/unidade animal (DMS/UA); 11,8% de proteína bruta (PB); 67,6% de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN); 32,3% de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e; 62,5% de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO). Por sua vez, no sistema ILP havia cerca de 972,2 kg/ha de DMS/UA; 8,4% de PB; 69,7% de FDN; 33,9% de FDA e; 57,9% de DIVMO (Pereira, 2017 (dados não publicados)).

Para a avaliação do microclima, determinou-se a velocidade do vento (VV) de forma manual, por meio de anemômetro digital; umidade relativa do ar (UR) e as temperaturas do ar (Ta), de ponto de orvalho (Tpo) e de globo negro (Tgn), por meio de termohigrômetros com *datalogger*, a cada hora do período experimental. Para a obtenção da Tgn, o globo negro foi construído de acordo com Souza et al. (2002), e para a coleta das demais variáveis os termohigrômetros foram alocados em abrigos meteorológicos como descrito por Trumbo et al. (2012). Os equipamentos foram distribuídos em oito pontos amostrais, posicionados ao sol e à sombra, à

aproximadamente 1,5 m do solo e deslocados conforme alteração do padrão de sombra/incidência de radiação solar (Karvatt Jr. et al., 2016).

A partir destes dados, os seguintes índices foram calculados: Índice de Temperatura e Umidade (ITU - Thom, 1958), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU - Buffington et al., 1981) e Carga Térmica Radiante - Esmay, 1979). Para elucidar a obtenção dos mesmos, as respectivas equações são descritas a seguir:

a) Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

$$ITU = t + 0,36t_{po} + 41,5$$

Onde:

t: temperatura ambiente (°C);

t_{po}: temperatura de ponto de orvalho (°C).

b) Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)

$$ITGU = t_{gn} + 0,36t_{po} + 41,5$$

Onde:

t_{gn}: temperatura de globo negro (°C);

t_{po}: temperatura de ponto de orvalho (°C).

c) Carga Térmica Radiante (CTR (W/m²))

$$CTR = \sigma \times (T_m^4)$$

Onde:

σ: constante de Stefan-Boltzman, $5,67 \times 10^{-8} \text{ K}^{-4} \text{ (W/m}^2\text{)}$;

T_m: Temperatura Radiante Média (W/m²), obtida pela fórmula:

$$T_m = 100 \times \sqrt[4]{\left\{ 2,51 \times v^{0,5} \times ((tg + 273) - (t + 273)) + \left(\frac{(tg + 273)}{100} \right)^4 \right\}}$$

Sendo:

v: velocidade do vento (m/s);

151 t_g : temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$);

152 t : temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$).

153 Avaliou-se o comportamento ingestivo de 38 novilhas da raça Nelore (*Bos taurus indicus*),
154 com idade e peso corporal médio de 27 meses e 370 kg, respectivamente. Os animais foram
155 mantidos em piquetes com bebedouro e cocho para sal mineral *ad libitum*. Realizou-se
156 observação visual em grupo pelo método de amostragem *scan sampling* (Setz, 1991), com
157 registro das atividades em intervalos de 10 min (Santana et al., 2012). As atividades avaliadas
158 foram: pastejo, ruminação e ócio, bem como a localização (sol ou sombra), no qual foi
159 considerado uso de sombra quando os animais estivessem com 50% ou mais de seu corpo à
160 sombra (Kendall et al., 2006).

161 Para a avaliação do desempenho, realizou-se a pesagem de quatro novilhas testers por
162 sistema a cada 30 dias. Antes da pesagem, os animais permaneceram em jejum alimentar de 12
163 horas. Os procedimentos e metodologias aplicados foram previamente aprovados pela
164 Comissão de Ética e Uso de Animais da Embrapa Gado de Corte sob número de registro
165 013/2014.

167 3.2.1 Análise estatística

168 Adotou-se delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (ILP e ILPF) e
169 quatro repetições (piquetes). Os meses de coleta de dados (jan, fev, mar) não foram tratados
170 como repetições temporais devido comporem a típica estação das águas da região Centro-oeste.

171 As médias dos dados microclimáticos e de desempenho dos animais foram submetidos à
172 análise de variância e, constatada diferença significativa, foram analisados pelo teste de Tukey
173 a 5% de probabilidade.

Em relação aos dados comportamentais, analisou-se a distribuição por meio do teste de Shapiro-Wilk e, verificada distribuição anormal, as variáveis foram analisadas pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e Discussão

As variáveis microclimáticas e a CTR à sombra e ao sol foram semelhantes em ambos sistemas, exceto a VV, que foi menor no sistema ILPF, visto a barreira à movimentação do ar formada pelas árvores, conhecida como “quebra-vento” (Tabela 1).

Apesar de ainda muito aplicada, a Ta não considera o animal como ponto de recepção da radiação circundante. Assim, pelo fato de considerarem a radiação incidida e refletida, a Tgn e a CTR foram menores à sombra em relação ao sol nos dois sistemas, o que demonstra a eficiência do componente arbóreo para interceptar a radiação solar.

Em relação aos índices de conforto térmico, a semelhança observada no ITU entre locais e sistemas retrata a similaridade dos elementos que o compõem. De acordo com Collier et al. (2011), ITU entre 79 a 81 indica estresse térmico moderado a severo. Quanto ao ITGU, valores entre 80 a 84 e acima de 84 apontam condição térmica em estado de perigo e emergência, respectivamente (Baêta, 1985). Assim sendo, o ILPF ao sol representou o pior local.

O fato de as árvores neste estudo estarem com oito anos e no segundo ciclo de produção, evidencia a necessidade de desbaste para que o crescimento demasiado não prejudique o microclima (menor VV e Ta e UR semelhante à pastagem convencional), a pastagem e a lavoura (pouca radiação solar e consequente redução no crescimento), e resulte em madeira de má qualidade (muitos nós, gretas ou arqueadura).

O comportamento ingestivo de bovinos no sistema ILPF também não diferiu entre sol e sombra (Tabela 2). Isto demonstra aproveitamento uniforme do espaço pelos animais, além de

que variáveis microclimáticas compostas como, Tgn, CTR e ITGU, que consideram também a radiação, podem não ser eficientes para a aferição da sensação térmica e sistemas integrados com floresta e/ou necessitam ser revisadas para à aplicação em bovinos de corte à pasto em clima tropical.

Por sua vez, os animais no sistema ILP despenderam maior porcentagem de tempo realizando atividades ao sol, possivelmente pela insuficiente quantidade de sombra visto que as condições térmicas foram semelhantes entre locais.

Analisando o tempo total de atividades, os animais no sistema ILPF passaram aproximadamente 13% a mais de tempo pastejando em relação aos animais no sistema ILP, e ruminaram cerca de 12% a mais neste último. Karki & Goodman (2010) também observaram maior tempo de pastejo em sistema silvipastoril quando comparado à pastagem convencional.

Enquanto o decréscimo no tempo de ruminação no sistema ILPF se refere à característica menos fibrosa da pastagem, o acréscimo no tempo de pastejo pode indicar condições desafiadoras do ambiente pastoril, visto envolver sucessivas ações de busca, seleção, apreensão e, por fim, a ingestão propriamente dita. Embora houvesse semelhante DMS/UA entre sistemas, o maior tempo de pastejo pode ser uma estratégia de compensação à menor altura do estrato preferencialmente pastejado, como comumente ocorre em gramíneas tropicais sob sombreamento (Almeida et al., 2012).

Os animais no sistema ILPF passaram maior tempo pastejando por necessitarem de maior número de bocados para ingerir a mesma massa de forragem que aconteceria no sistema ILP em menos tempo. O efeito deste comportamento a longo prazo pode resultar em menor ingestão de matéria seca potencial (Karki & Goodman, 2010) e, conseqüentemente, menor consumo (Santos et al., 2010).

A pastagem em ambos sistemas foi manejada de acordo com a altura da planta, por isso, o maior crescimento da planta no sistema ILP permitiu maior taxa de lotação (Tabela 3). Contudo,

se a lotação for alterada para que a pressão de pastejo entre os sistemas fosse igual, é possível que a produção por área seja semelhante em ambos (Almeida & Medeiros, 2015).

Não foi comprovada a hipótese de que o sistema ILPF proporcionasse maior desempenho animal. Considerando que há melhor qualidade da pastagem no sistema ILPF e semelhante DMS/UA entre sistemas, o maior gasto energético para a busca e ingestão de alimento aliado à dificuldade do animal em trocar calor com o ambiente, devido ao microclima semelhante à pastagem convencional e agravado por menor VV, podem ter influenciado negativamente o desempenho dos animais neste sistema, assim como observado por Oliveira et al. (2014).

Em ambientes com alta Ta e UR, os mecanismos de troca de calor sensível serão insuficientes para manter a homeotermia, resultando em estresse por calor (Silva, 2000). Este estado pode ser agravado quando combinado à pouca ventilação, impedindo a perda de calor por convecção e resultando na saturação dos meios por condução, radiação e evaporação, já limitados pela Ta e UR.

Dessa forma, sistemas ILPF mal manejados podem não favorecer o microclima e o desempenho animal por limitarem o crescimento da pastagem no sub-bosque e impossibilitarem a troca de calor entre animal e ambiente.

É sabido que ambientes ventilados e sombreados reduzem o gasto de energia para termorregulação e permite o direcionamento para funções produtivas (Malafaia et al., 2011). No entanto, são necessários estudos sobre a dinâmica de sistemas de produção em integração, visto que o componente arbóreo não é inerte e o uso sombra natural de forma não controlada pode acarretar em prejuízos nas demais culturas consorciadas.

3.4 Conclusão

1. Sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta com *Eucalyptus urograndis* aos oito anos possui condição térmica equivalente à pastagem convencional.

2. Em sistemas de produção integrados com o componente florestal, árvores não desbastadas tornam o ambiente de pastejo desafiador aos animais.

3. Bovinos em sistemas ILPF, em relação ao ILP, despendem mais tempo em atividade de pastejo e menos em ruminação, e utilizam locais de sol e sombra de forma semelhante.

4. O sistema ILPF não proporciona melhor desempenho aos animais.

3.5 Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e à Embrapa, pelos aportes financeiros necessários, cessão de infraestrutura e apoio técnico-científico.

3.6 Referências

ALMEIDA, R.G.; BARBOSA, R.A.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In.: BUNGENSTAB, D.J. (Ed). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 87– 94.

ALMEIDA, R.G.; MEDEIROS, S.R. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 97-116.

ALVES, F.V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D.J. (Ed.). **Sistemas de integração: a produção sustentável**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p.143-154.

- 275 BAÊTA, F.C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature,**
 276 **humidity and Wind velocity in the warm season.** 1985. 218 p. Thesis (Doctorate in Ambience
 277 Animal) – University of Missouri, Columbia.
- 278 BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.M.A.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.;
 279 MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS,
 280 H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de
 281 sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,**
 282 v.46, n.10, p.1-12, 2011.
- 283 BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER,
 284 W.W.; COLLIER, R.J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.
 285 **Transactions of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- 286 COLLIER, R.J.; ZIMBELMAN, R.B.; RHOADS, R.P.; RHOADS, M.L.; BAUMGARD, L.H.
 287 A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity
 288 index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. **Western Dairy Management**
 289 **Conf. Reno, NV: USA**, p. 113-125, 2011.
- 290 DECRUYENAERE, V.; BULDGEN, A.; STILMANT, D. Factors affecting intake by grazing
 291 ruminants and related quantification methods: a review. **Biotechnology, Agronomy, Society**
 292 **and Environment**, v.13, p.559-573, 2009.
- 293 ESMAY, M.L. **Principles of animal environment.** Environmental engineering in agriculture
 294 and food series. West Port: AVI Publishing, 1979. 325 p.
- 295 KARKI, U.; GOODMAN, M.S. Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture
 296 versus open-pasture. **Agroforestry Systems**, v.78, p.159-168, 2010.

- 297 KARVATTE JR, N.; KLOSOWSKI, E.S.; ALMEIDA, R.G.; MESQUITA, E.E.; OLIVEIRA,
298 C.C.; ALVES, F.V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated
299 crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of**
300 **Biometeorology**, v.60, p.1-9, 2016.
- 301 KENDALL, P.E.; NIELSEN, P.P.; WEBSTER, J.R.; VERKERK, G.A.; LITTLEJOHN, R.P.;
302 MATTHEWS, L.R.. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate
303 climate. **Livestock Science**, v. 103, p. 148-157, 2006.
- 304 MALAFAIA, P.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; OLIVEIRA, C.M.C. Distúrbios
305 comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importância.
306 **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, p.781-790, 2011.
- 307 MARTHA Jr., G.B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração
308 lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.117-1126, 2011.
- 309 OLIVEIRA, C.C.; VILLELA, S.D.J.; ALMEIDA, R.G.; ALVES, F.V.; BEHLING-NETO, A.;
310 MARTINS, P.G.M.A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and
311 nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems.
312 **Tropical Animal Health and Production**, v.31, n.2, p.167-175, 2014.
- 313 PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul**: para que adotá-
314 los. Seminário Sistemas agroflorestais e desenvolvimento sustentável, Campo Grande. CD-
315 Rom. Campo Grande: Embrapa. 2003.
- 316 REIS, R.A.; SILVA, S.C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.;
317 OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011. P. 83-109.

- 318 SANTANA, L.R.C.; ARAÚJO, F.L.; SANTANA, N.M.; EIRAS, C.E.; ALENCAR, A.M.;
 319 GIRARDI, L.M.; VALLE, S.V.; MATOS, L.H.A.; PINTO FILHO, R.C.; MARQUES, L.A.
 320 Comportamento ingestivo de bovinos: pastejo contínuo em *Brachiaria decumbens*. **Arquivos**
 321 **de Pesquisa Animal**, v.1, p.72-77, 2012.
- 322 SANTOS, B.R.C.; VOLTOLINI, T.V.; SALLA, L.E. Comportamento de pastoreio. **Revista**
 323 **Electrónica de Veterinaria**, v.11, n.4, 2010.
- 324 SETZ, E.Z.F. Métodos de quantificação de comportamento de primatas em estudos de campo.
 325 **A Primatologia no Brasil**, v.3, p.411-435, 1991.
- 326 SILVA, R. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Editora Nobel, 2000. 285 p.
- 327 SOUZA, C.D.F.; TINÔCO, I.D.F.; BAÊTA, F.C.; FERREIRA, W.P.M.; SILVA, R.S.
 328 Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e**
 329 **Agrotecnologia**, v.26, p.157-164, 2002.
- 330 THOM, E.C. Cooling degrees: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of**
 331 **the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, v.55,
 332 p.65-72, 1958.
- 333 TRUMBO, B.A.; WISE, L.M.; HUDY, M. Influence of protective shielding devices on
 334 recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change
 335 modeling. **National Environment Science**, v. 3, n. 1, p. 42–50, 2012.

Tabela 1. Variáveis microclimáticas, carga térmica radiante (CTR) e índices de temperatura e umidade (ITU) e de globo negro e umidade (ITGU) de sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP) e seus respectivos locais.

Variáveis	Tratamentos				EPM	<i>p</i> -value
	ILPF		ILP			
	Sol	Sombra	Sol	Sombra		
VV (m/s)	1,14 ^b	1,24 ^b	2,21 ^a	2,24 ^a	0,20	0,05
UR (%)	63,6	66,4	69,6	69,4	4,67	0,55
Ta (°C)	30,6	29,5	29,5	29,6	1,18	0,21
Tgn (°C)	35,3 ^a	31,0 ^b	34,5 ^a	31,5 ^b	0,76	0,01
CTR (W/m²)	586 ^b	511 ^c	631 ^a	515 ^c	15,0	0,05
ITU	81	79	79	79	-	-
ITGU	86	80	84	81	-	-

^{a,b}Valores sobrescritos diferem estatisticamente entre tratamentos pelo teste de Tukey com $p < 0,05$. VV, velocidade do vento. UR, umidade relativa do ar. Ta, temperatura ambiente. Tgn, temperatura de globo negro.

Tabela 2. Porcentagem de tempo das atividades de comportamento ingestivo de bovinos Nelore e seus respectivos locais em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP) em período de 06h00 às 18h00.

Variáveis	Tratamentos				<i>p</i> -value
	ILPF		ILP		
	Sol	Sombra	Sol	Sombra	
Pastejo	37,5 ^b	33,6 ^b	54,8 ^a	3,35 ^c	***
Ruminação	9,10 ^b	6,72 ^{bc}	25,3 ^a	2,84 ^c	0,02
Ócio	6,68 ^b	6,47 ^b	12,4 ^a	1,39 ^c	***

^{a,b}Valores sobrescritos diferem estatisticamente entre tratamentos pelo teste de Dunn com $p < 0,05$.

Tabela 3. Desempenho médio de novilhas Nelore em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e integração lavoura-pecuária (ILP).

Variáveis	Tratamentos		EPM	<i>p</i> -value
	ILPF	ILP		
GMD (kg/dia)	0,19	0,27	0,08	0,52
Ganho/ha (kg PC/ha)	11,3	16,2	5,03	0,52
Taxa de lotação (UA/ha) ⁽¹⁾	2,68 ^b	4,82 ^a	0,47	0,02

^{a,b}Valores sobrescritos diferem estatisticamente entre tratamentos pelo teste de Tukey com $p < 0,05$. GMD, ganho médio diário. ⁽¹⁾UA = bovino adulto de 450 kg de peso corporal.

ARTIGO II - O presente artigo foi elaborado conforme as normas da revista Plos One

**4 Bioacústica como Ferramenta de Avaliação do Comportamento Ingestivo de Bovinos à
Pasto**

Denise Volpi^{1*}, Fabiana Villa Alves², Alan da Silva Arguelho³, Erlandson Ferreira Saraiva⁴,
Valdomiro Piedade Vigas⁴, Maity Zopollatto¹

¹Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná,
Brasil

²Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária,
Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

³Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil

⁴Instituto de Matemática, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato
Grosso do Sul, Brasil

*Corresponding author

E-mail: denisevollpi@gmail.com (DV)

Resumo

Bovinos durante o pastejo demonstram a qualidade do ambiente no qual exploram, seja relacionado ao clima, relevo ou ao alimento disponível, o que torna o comportamento ingestivo de grande importância em estudos sobre produção animal. No entanto, há poucas ferramentas para a avaliação deste comportamento em bovinos em pastejo, apresentando limitações relacionadas à precisão, ao alto custo, robustez ou não são indicados para ambientes abertos. Diante disto, a bioacústica passou a ser estudada por possivelmente solucionar os principais impasses apresentados por outros métodos. Objetivou-se avaliar a acurácia do método acústico em relação ao método visual para o registro de atividades relacionadas ao comportamento ingestivo de bovinos à pasto. Realizou-se observação visual individual instantânea das atividades comportamentais (pastejo, ruminação e outras atividades) de nove fêmeas Nelore em intervalos de dez minutos. Simultaneamente, cada animal foi equipado com gravador de áudio e microfone para a obtenção dos registros sonoros. As observações foram feitas em abril e maio de 2016, em dois dias consecutivos de cada mês, de 08h00 às 16h00. Os métodos não foram estatisticamente diferentes para os tempos médios, em minutos, das atividades de pastejo, ruminação e outras atividades obtidas pelos métodos visual (334.8; 62.52; 82.69, respectivamente) e acústico (311.4; 62.46; 106.2, respectivamente). A bioacústica pode ser utilizada para identificar as atividades de comportamento ingestivo de bovinos à pasto com precisão semelhante ao método visual em períodos maiores a oito horas.

4.1 Introdução

O comportamento dos animais é um grande indicador de sua qualidade de vida. Bovinos em sistemas extensivos pastejam essencialmente durante o dia, realizando de seis a oito refeições, sendo as duas principais refeições realizadas, ao nascer e ao pôr do sol [1]. Qualquer alteração

nesse padrão comportamental reflete desequilíbrio na interação solo-planta-animal, pois o indivíduo tende a modificar seu comportamento alimentar com o intuito de se adaptar à condição adversa [2].

A observação visual é a metodologia mais utilizada para a determinação de atividades relacionadas ao comportamento ingestivo [3]. Embora não demande equipamentos caros e possa proporcionar boa descrição das atividades, esta técnica pode apresentar limitações que comprometem a acurácia dos resultados [4]. As principais deficiências que afetam a qualidade dos dados são: (i) necessidade de mais de um avaliador em casos de grande quantidade de animais e heterogeneidade do ambiente, o que favorece a ocorrência de erros de subjetividade; (ii) necessidade de atenção constante do avaliador, tornando-o um processo exaustivo e, consequentemente, comprometendo o registro correto das atividades e; (iii) controvérsias informações sobre o intervalo de tempo ideal para o registro das atividades, dificultando a comparação de resultados das pesquisas [5].

O fato das atividades relacionadas à ingestão de alimento possuírem características acústicas específicas, como frequência, intensidade, duração e intervalos, permite distingui-las claramente, premissa essencial para a utilização da técnica [6]. Seu trunfo é minimizar e/ou eliminar as limitações apresentadas pela observação visual por permitir o registro contínuo das atividades, eliminar a necessidade de observadores, diminuir erros de subjetividade, entre outros benefícios [7]. Porém, a bioacústica é muito aplicada à determinação de microeventos do comportamento ingestivo como, taxa de bocados e número de mastigações. Normalmente estes eventos estudados em avaliações de duração de minutos, limitando o desenvolvimento para a utilização em avaliações em escalas de horas e em ambientes não controlados.

Diante disto, objetivou-se avaliar a acurácia do método acústico, em relação ao método visual, para o registro de atividades relacionadas ao comportamento ingestivo de bovinos à pasto.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Período e unidades experimentais

O ensaio foi realizado em abril e maio de 2016, durante dois dias consecutivos de cada mês, de 8h00 às 16h00 (GMT +4h00), na Embrapa Gado de Corte em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Utilizou-se 12 fêmeas da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), com idade e peso corporal médio de 30 meses e 400 kg, respectivamente, cujos procedimentos e metodologias aplicados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética e Uso de Animais da Embrapa Gado de Corte sob número de registro 013/2014. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em pares em seis piquetes em sistema de produção em integração lavoura-pecuária-floresta.

4.2.2 Avaliação visual

Avaliou-se o comportamento ingestivo por meio de observação visual instantânea pelo método de amostragem *animal focal* [8], com registro das atividades em intervalos de 10 minutos. Para permitir o registro individual das atividades, em cada piquete havia um animal sem marcação e outro com marcação feita de tinta spray, nos dois lados do corpo.

As atividades avaliadas foram: pastejo, ruminação e outras atividades (ócio, ingestão de sal mineral, ingestão de água e coçando em árvores). As observações foram realizadas por dois observadores experientes em avaliação visual do comportamento ingestivo, seguindo etograma, dispostos em piquetes adjacentes aos avaliados e utilizando binóculos (Bushnell, 8x42 mm). Devido à presença de árvores no ambiente, em algumas ocasiões era necessário a movimentação dos observadores para permitir melhor visualização dos animais.

4.2.3 Avaliação acústica

A avaliação do comportamento ingestivo pelo método acústico foi realizada

simultaneamente à observação visual, seguindo metodologia adaptada da literatura [6, 9].

Cada animal foi equipado com microfone de lapela genérico e gravador digital de voz (Sony, ICD-PX240) configurado da seguinte maneira: modo de gravação *high quality* (HQ, MP3 128 kbps), ambiente “reunião”, baixa sensibilidade do microfone, função *low cut filter* ativada, e pilhas alcalinas para autonomia de cerca de 24 horas, de acordo com a configuração utilizada.

Em relação a alocação dos equipamentos, o gravador foi colocado em uma cápsula de policloreto de polivinila (PVC), com 15 cm de diâmetro, fechada nas extremidades, onde em uma das tampas havia um furo para permitir a saída do cabo do microfone que, por sua vez, foi inserido em uma cápsula de isopor e posicionado na frente do animal por meio de uma faixa de borracha. A cápsula com os equipamentos foi fixada ao buçal com o auxílio de fita adesiva e posicionada atrás da marrafa (Fig 1).



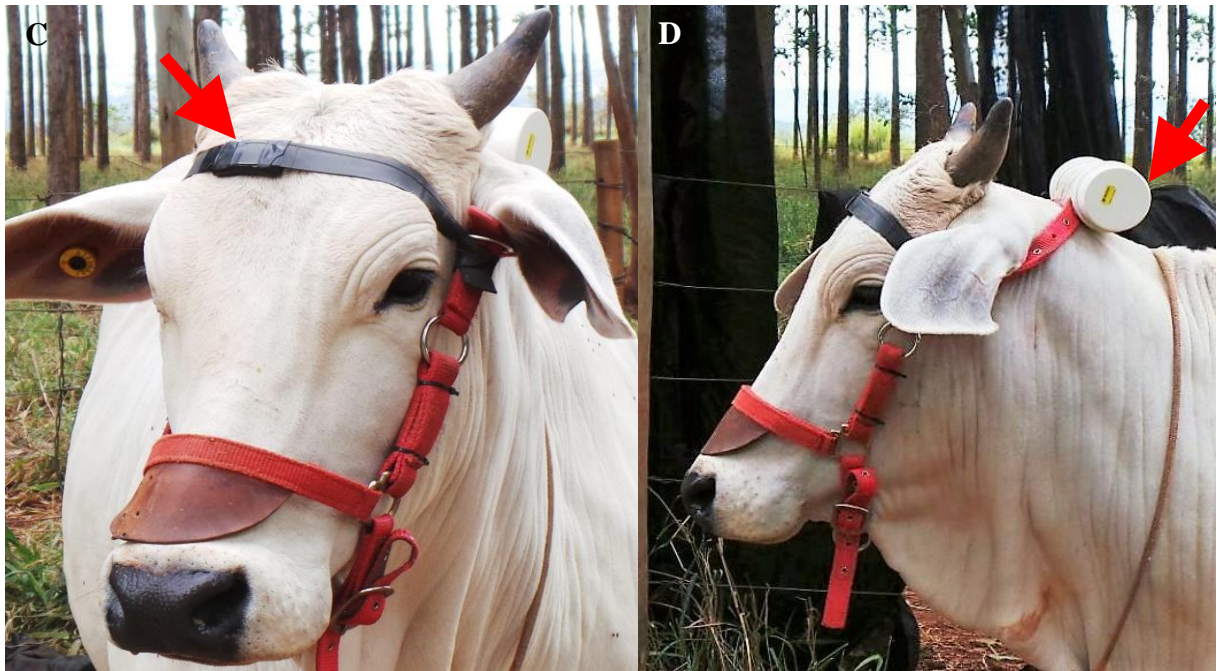


Fig 1. Equipamentos de bioacústica e suas posições. (A) Gravador dentro da cápsula de PVC; detalhe à saída do fio do microfone na tampa. (B) Microfone de lapela inserido em cápsula de isopor. (C) Microfone posicionado na fronte. (D) Cápsula fixada ao buçal, posicionada atrás da marrafa

As novilhas estavam habituadas ao uso de buçal para outras pesquisas como, por exemplo, mensuração de metano entérico, e por isso não se fez necessário período de adaptação. De toda forma, os buçais foram colocados nos animais cerca de 15 horas antes do início da avaliação para se evitar eventuais interferências por estranhamento.

Ao término do período experimental, os equipamentos foram retirados e os registros sonoros transferidos ao computador. Por meio do *software* Audacity® versão 2.1.2, as atividades de pastejo, ruminação e outras atividades foram classificadas e quantificadas visual e auditivamente. Não se utilizou nenhum tratamento acústico visando melhorias no registro sonoro, sendo analisado fielmente ao obtido em escalas temporais de 2 a 5 minutos. Também não houve conhecimento prévio dos dados de observação visual.

4.2.4 Tratamento matemático e análise estatística

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições (bovinos).

A princípio, as frequências das atividades de ambos os métodos foram transformadas em minutos e calculadas as médias das atividades/animal. Verificou-se a normalidade dos dados e, constatada correlação linear positiva de $r = 0.9923$, assumiu-se distribuição normal.

Em seguida, realizou-se a comparação pareada dos tempos médios das atividades obtidos pelo método visual e acústico por meio da estatística de teste dada por:

$$T^2 = n(\bar{x} - \delta)' S_x^{-1} (\bar{x} - \delta)$$

Onde, T^2 : variável resposta; \bar{x} : vetor de médias; S_x : matriz de covariância.

Por sua vez, o valor crítico para decisão da hipótese se baseou no cálculo:

$$\frac{p(n-1)}{n-p} F_{p,n-p}(1-\alpha)$$

Sendo, $F_{p,n-p}$: quantil α da distribuição F-Snedcor com p graus de liberdade no numerador e $n-p$ graus de liberdade no denominador.

Os intervalos de confiança simultâneos de $100(1-\alpha)\%$ de confiança para as diferenças de médias individuais (δ_i) são dadas por:

$$IC_{\delta_i}(1-\alpha) : \bar{x}_i \pm \sqrt{\frac{p(n-1)}{n-p} F_{p,n-p}(\alpha)} \sqrt{\frac{S_{x_{ii}}}{n}}$$

\bar{x}_i : i -ésimo elemento do vetor x ; $S_{x_{ii}}$: i -ésimo elemento diagonal de S_x ; $\alpha = 0.05$.

4.3 Resultados e Discussão

Embora a maioria dos registros sonoros apresentassem alta saturação, em suma devido à baixa qualidade do microfone utilizado (objetivando um sistema de baixo custo), foi possível obter os registros sonoros dos macroeventos de comportamento ingestivo e devidamente discriminá-los (Fig 2). Além disto, registros de duração média de 24 horas foram analisados em aproximadamente quatro horas, o que demonstra outros benefícios da avaliação acústica: otimização de tempo e de mão de obra.

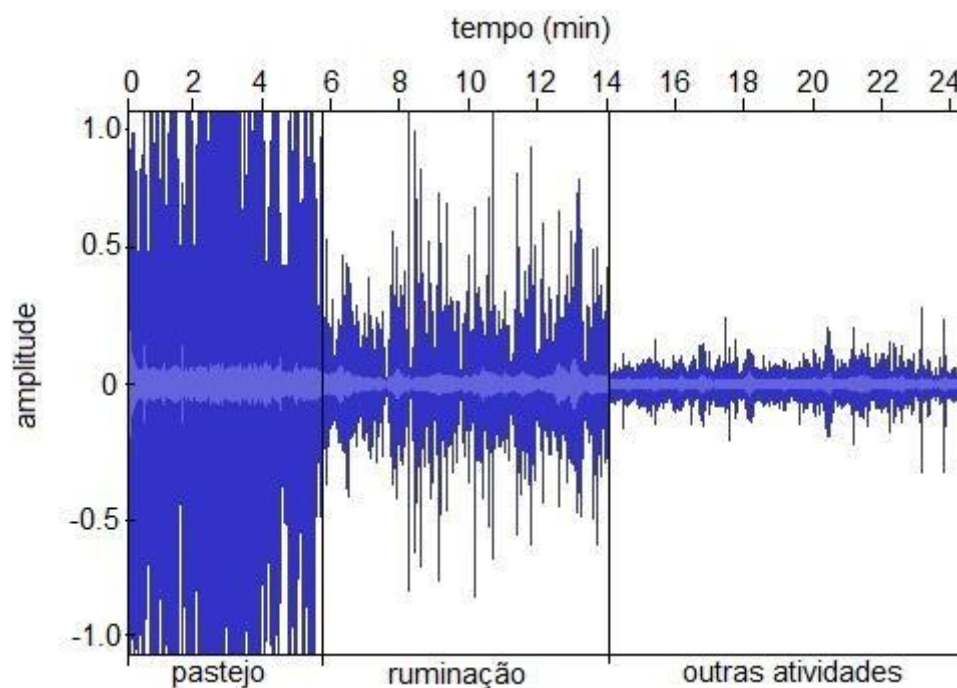


Fig 2. Compilado de fragmentos de registros sonoros de eventos de pastejo, ruminação e outras atividades

O pastejo, por envolver sucessivas ações de busca, seleção, apreensão, arranquio e mastigação, cada qual sofrendo interferências e exigindo forças mandibulares distintas, possui maior amplitude, altas frequências e duração de horas. Geralmente, minutos depois dos longos períodos de pastejo os animais começam a ruminar. Esta atividade, também de duração de horas, apresenta ritmicidade e constância, e é caracterizada por intervalos de segundos que representam os bolos alimentares engolidos e regurgitados pelo animal. Atividades que não são

165 pastejo nem rinação foram classificadas como “outras atividades”, sendo, por exemplo,
166 ingestão de sal mineral, ingestão de água e *grooming*. É possível a identificação de cada
167 atividade no registro sonoro, porém por não ser o objetivo do estudo foram agrupadas. De
168 maneira geral, estas atividades não possuem onda sonora bem definida e ocorrem de forma
169 repentina com durações variáveis, comumente durante ou após períodos de ócio que, por sua
170 vez, é caracterizado pela ausência ou baixa produção de sons.

171 O nível de detalhamento irá depender do objetivo do estudo sendo possível identificar
172 microeventos como, taxa de bocados, número de mastigações, o momento exato de apreensão
173 do alimento, entre outros. Entretanto, este não era o objetivo do estudo e por isso não se fez
174 necessário o uso de microfones e gravadores de áudio mais robustos e de configurações mais
175 refinadas, também não sendo necessário nenhum processamento do sinal acústico [10].

176 Além do ganho em precisão e otimização de tempo e de mão de obra, técnicas modernas de
177 análise sonora permitem aumentar as atribuições do espectro sonoro para contextos além do
178 alimentar, como também o reconhecimento de comportamentos agonísticos e de vigilância [11];
179 o que demonstra a precisão e a versatilidade do método acústico [12].

180 Embora o registro sonoro permita a fácil distinção de atividades, o maior entrave observado
181 se refere à interação dos animais com os equipamentos. Apesar de habituadas, as novilhas
182 apresentaram comportamentos que permitiam o desatamento da cápsula do buçal,
183 potencializavam a deterioração dos microfones e/ou resultavam em registro sonoro com alta
184 interferência e saturação; estes comportamentos foram: interagir com os equipamentos alheios
185 (lamber), coçar em árvores e posicionar a cabeça por entre os fios de cerca.

186 A curiosidade dos animais associada à dificuldade em atingir o período mínimo de avaliação
187 de oito horas, influenciado principalmente pela capacidade de carga das pilhas e pelo modo de
188 configuração utilizado, também colaborou para aumentar o erro da técnica, assim como relatos
189 na literatura [7, 13]. Devido a isto, as gravações de três animais não atingiram o período total

de avaliação, sendo excluídas das análises estatísticas que se basearam nos tempos médios de nove animais.

As diferenças de tempo, calculadas por comparação pareada, não foram significativas para que a hipótese de similaridade entre os métodos visual e acústico fosse descartada; visto que $T^2 = 6.1515$ é menor que o valor crítico de 19.0284 (Tab 1). Isto corrobora com os resultados de outros estudos que também constatarem semelhança entre os métodos, inclusive em avaliações em diferentes espécies forrageiras e estruturas e tipos de pastagens, mas não em bovinos zebuínos em pastagens tropicais até o presente momento [6, 14, 15].

Tab 1. Tempos médios em minutos de cada atividade do comportamento ingestivo, de acordo com o método de avaliação

Atividades*	Observação Visual	Bioacústica	Diferença observada
Pastejo	334.8	311.4	23.40
Ruminação	62.52	62.46	00.06
Ócio/Outras atividades	82.69	106.2	23.51

*Teste de comparação pareada a 5% de probabilidade.

Muitos autores descrevem a atividade de ruminação como uma das atividades mais complexas de serem mensuradas visto o alto erro de parcialidade devido ser facilmente confundida com a mastigação da atividade de pastejo e difícil de ser observada dependendo da posição em que a cabeça do animal se encontra em relação ao observador [6]. Essas limitações aliadas a presença de árvores no ambiente, demonstra a qualidade do resultado e a importância do treinamento de observadores para a mensuração do comportamento ingestivo, muitas vezes sendo um ponto negligenciado.

Buscando assegurar que os resultados contêm o valor verdadeiro, determinou-se os intervalos de confiança simultâneos de 95% de confiança para as diferenças de médias individuais (δ_i), obtendo-se:

$$IC_{\delta_1}(0.95) : (-13.3066; 5.8307)$$

$$IC_{\delta_2}(0.95) : (-4.5536; 2.2924)$$

$$IC_{\delta_3}(0.95) : (-6.3609; 16.9867)$$

Os três intervalos contêm o valor 0 (zero), ou seja, para cada variável (pastejo, ruminação e outras atividades) efetivamente não há evidências de diferenças entre as medidas de ambos métodos.

Estes resultados embatem com os estudos que não recomendam o método acústico para avaliações por longos períodos e para ambientes abertos [12, 16], demonstrando o potencial da técnica e perspectiva de aplicação à essas condições.

Em relação à automação das atividades dos registros sonoros, fator este de apelo mercadológico e limitante à popularização do método [17]; algoritmos baseados no modelo de Markov, árvore binária de decisão e outros, demonstram resultados promissores para detectar e classificar os eventos ingestivos [11, 12, 18], inclusive em ambientes com muitos ruídos [19]. Estes modelos, quando combinados à baixa frequência de amostragem, tornam o processo ainda menos oneroso sob o ponto de vista computacional, representando avanço notável em acústica.

Além dos impasses relacionados à execução propriamente dita, o que leva à necessidade de realização de testes pilotos, outro fator que indiretamente colabora para que o desenvolvimento do método seja vagaroso é a pouca quantidade de trabalhos visando o aprimoramento de forma subsequente e ausência de ferramenta de análise pós-coleta de dados.

4.4 Conclusão

O método acústico apresentado demonstra potencial para mensurar atividades de comportamento ingestivo com precisão igual ao método visual. Entretanto, recomenda-se a realização de testes pilotos e a adaptação dos equipamentos de acordo com a situação na qual irão operar. A bioacústica pode se tornar mais uma ferramenta à pecuária de precisão, porém necessita de maior robustez de *hardware* e *software* para que tenha apelo mercadológico e ampla utilização.

4.5 Agradecimentos

À Embrapa, pela infraestrutura e apoio técnico-científico, e ao Dr. Julio Kuhn da Trindade, pelo inestimável apoio à execução da técnica de bioacústica.

4.6 Referências

1. Decruyenaere V, Buldgen A, Stilmant D. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 2009; 13(4):559-573.
2. Carvalho PCF, Trindade JK, Mezzalira JC, Poli CHEC, Nabinger C, Genro TCM, et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38:109-122.
3. Setz EZF. Métodos de quantificação de comportamento de primatas em estudos de campo. *A Primatologia no Brasil*. 1991; 3:411-435.
4. Souto A. Iniciando a investigação do comportamento. In: Souto A, editor. *Etologia: princípios e reflexões*. 3rd ed. Recife: Editora Universitária da UFPE; 2005. pp. 34-78.
5. Santana LRC, Araújo FL, Santana NM, Eiras CE, Alencar AM, Girardi LM, et al. Comportamento ingestivo de bovinos: pastejo contínuo em *Brachiaria decumbens*. *Arquivos de Pesquisa Animal*. 2012; 1(2):72-77.
6. Da Trindade JK, Carvalho PCF, Neves FP, Pinto CE, Gonda HL, Nadin LB, et al. Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2011; 46(8):965-968.

- 260 7. Clapham WM, Fedders JM, Beeman K, Neel JPS. Acoustic monitoring system to quantify
261 ingestive behavior of free-grazing cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2011;
262 76:96-104.
- 263 8. Altmann J. Observation study of behavior: sampling methods. *Behavior*. 1974; 49(3):227-
264 265.
- 265 9. Laca EA, Wallis de Vries MF. Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of
266 cattle. *Grass and Forage Science*. 2000; 55(2):97-104.
- 267 10. Andriamandroso ALH, Bindelle J, Mercatoris B, Lebeau F. A review on the use of sensors
268 to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnology, Agronomy,
269 Society and Environment*. 2016; 20(S1):273-286.
- 270 11. Xuan C, Ma Y, Wu P, Zhang L, Hao M, Zhang X. Behavior classification and recognition
271 for facility breeding sheep based on acoustic signal weighted feature. *Transactions of the
272 Chinese Society of Agricultural*. 2016; 32(19):195-202.
- 273 12. Chelotti JO, Vanrell SR, Milone DH, Utsumi SA, Galli JR, Rufiner HL, et al. A real-time
274 algorithm for acoustic monitoring of ingestive behavior of grazing cattle. *Computers and
275 Electronics in Agriculture*. 2016; 127:64-75.
- 276 13. Milone DH, Rufiner HL, Galli JR, Laca EA, Cangiano CA. Computational method for
277 segmentation and classification of ingestive sounds in sheep. *Computers and Eletronics in
278 Agriculture*. 2009; 65:228-237.
- 279 14. Nadin LB, Sánchez Chopa F, Trindade JK, Amaral G, Milano GD, Moreno LS, et al.
280 Comparison of methods to quantify bite rate in calves grazing winter oats with different
281 structures. *Grassland Science in Europe*. 2010; 15:898-900.
- 282 15. Nadin LB, Chopa FS, Gibb MJ, Trindade JK, Amaral GA, Carvalho PCF, et al.
283 Comparison of methods to quantify the number of bites in calves grazing winter oats with
284 different sward heights. *Applied Animal Behaviour Science*. 2012; 139 (1-2):50-57.
- 285 16. Ungar ED, Rutter SM. Classifying cattle jaw movements: comparing IGER Behaviour
286 Recorder and acoustic techniques. *Applied Animal Behaviour Science*. 2006; 98:11-27.
- 287 17. Fonseca L. Os sons do pastejo. PhD Dissertation, Federal University of Rio Grande do Sul.
288 2014. Available from: goo.gl/bONIR9.
- 289 18. Milone DH, Galli JR, Cangiano CA, Rufiner HL, Laca EA. Automatic recognition of
290 ingestive sounds of cattle based on hidдем Markov models. *Computers and Eletronics in
291 Agriculture*. 2012; (87):51-55.
- 292 19. Li Y, Wu Z. Animal sound recognition based on double feature of spectrogram in real
293 environment. *International Conference on Wireless Communications & Signal Processing*.
294 2015; 1-5.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sistemas em integração são sistemas dinâmicos e, por isso, complexos, que necessitam ser estudados ao longo do tempo. O sistema em integração lavoura-pecuária-floresta com *Eucalyptus urograndis* aos oito anos possui condição térmica equivalente à pastagem convencional (pouco arborizada), não proporcionando melhor desempenho aos animais.

Quando não desbastadas, árvores integradas à pecuária tornam o ambiente de pastejo desafiador aos animais. Nestes casos, em relação à pastagem convencional, os bovinos despendem mais tempo em atividade de pastejo e menos em ruminação, e utilizam locais de sol e sombra de forma semelhante.

A bioacústica é uma ferramenta que permite obter, com precisão semelhante à observação visual, o comportamento ingestivo de bovinos à pasto durante períodos de avaliação maiores a oito horas. Entretanto, nestas condições, os cuidados quanto à integridade dos equipamentos devem ser maiores, sugerindo-se a realização de testes pilotos que busquem conciliar robustez com registro sonoro de qualidade, peça-chave à distinção das atividades.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- ANDRIAMANDROSO, A. L. H.; BINDELLE, J.; MERCATORIS, B.; LEBEAU, F. A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v. 20 (S1), p. 273-286, 2016.
- ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 87–94.
- ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S. R. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 97-116.
- ALTMANN, J. Observation study of behavior: sampling methods. **Behavior**, v. 49, n. 3, p. 227-263, 1974.
- ALVES, F. V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração: a produção sustentável**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 143-154.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, R. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Documento 188. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.
- BACCARI Jr, F. **Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente**. In: Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite. **Anais...** Piracicaba, SP, Brasil: FAPESP, 1998.
- BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. Columbia, 218 p. Tese (Ph.D.) - University of Missouri, 1985
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Ed. bilíngue. Brasília: Embrapa, 2011. 130 p.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. M. A.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.
- BALBINO, L. C.; MARTINEZ, G. B.; GALERANI, P. R. (Ed.). **Ações de transferência de tecnologia para sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta 2007-2010**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 52 p.

BALISCEI, M. A. **Sistema silvipastoril na melhoria do bem-estar de bovinos de corte.** Maringá, 65 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2011.

BENVENUTTI, M. A.; GORDON, I. J.; POPPI, D. P. The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, v. 61, n. 3, p. 272-281, 2006.

BLACKSHAW, J.; BLACKSHAW, A. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, n. 2, p. 285-295, 1994.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Relatório anual de exportações brasileiras de carne bovina.** Brasília, 2015. p. 1-19.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p. 711-714, 1981.

CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; MEZZALIRA, J. C.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, T. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 109-122, 2009.

CHELOTTI, J. O.; ARRASIN, C. H.; VANRELL, S. R.; RUFINER, H. L.; GIOVANINI, L. L. **Desarrollo e implementación de un dispositivo de adquisición y almacenamiento de sonidos para ganadería de precisión.** In: VI Congreso Argentino de AgroInformática. **Anais...** Buenos Aires, Argentina: 2014.

CHELOTTI, J. O.; VANRELL, S. R.; MILONE, D. H.; UTSUMI, S. A.; GALLI, J. R.; RUFINER, H. L.; GIOVANINI, L. L. A real-time algorithm for acoustic monitoring of ingestive behavior of grazing cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 64-75, 2016.

CLAPHAM, W. M.; ABAYE, O.; FEDDERS, J. M.; YARBER, E. **Sound spectral analysis of grazing steers.** In: American Forage and Grassland Council. **Anais...** San Antonio, Texas, USA: 2006.

CLAPHAM, W. M.; FEDDERS, J. M.; BEEMAN, K.; NEEL, J. P. S. Acoustic monitoring system to quantify ingestive behavior of free-grazing cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 76, p. 96-104, 2011.

COELHO, F. S.; ALMEIDA, R. G.; VILLELA, S. D. J.; ALVES, F. V.; MACEDO, M. C. M.; BEHLING NETO, A. **Comportamento diurno de bezerras Nelore em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.** In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Belém, PA, Brasil: SBZ, 2011.

COLLIER, R. J.; BEEDE, D. K.; THATCHER, W. W. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **Journal Dairy Research**, v. 65, p. 2213-2227, 1982.

COLLIER, R. J.; ZIMBELMAN, R. B.; RHOADS, R. P.; RHOADS, M. L.; BAUMGARD, L. H. **A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows.** In: Western Dairy Management Conference. **Anais...** Reno, NV, USA: 2011. p. 113-125.

DA TRINDADE, J. K. **Comportamento e consumo de forragem de bovinos de corte em pastagem natural complexa.** Porto Alegre, 208 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

DA TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P. C. F.; NEVES, F. P.; PINTO, C. E.; GONDA, H. L.; NADIN, L. B.; CORREIA, L. H. S. Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 965-968, 2011.

DECRUYENAERE, V.; BULDGEN, A.; STILMANT, D. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v.13, n. 4, p. 559-573, 2009.

DEMMENT, M. W. Integrating sward structure and ingestive behavior to determine intake rate in cattle. **Final Scientific Report for BARD**, p. Project No. US-1329-87, 1992.

DIAS, A. F. S. **Competição por espaço acústico:** adaptações de cantos de aves em uma zona de alta biodiversidade do Brasil Central. Brasília, 87 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, 2013.

ESMAY, M. L. (Ed.). **Principles of animal environment.** Environmental engineering in agriculture and food series. West Port: AVI Publishing, 1979. 325 p.

EXADAKTYLOS, V.; SILVA, M.; BERCKMANS, D. Automatic identification and interpretation of animal sounds, application to livestock production optimisation. In: GLOTIN, H. (Ed.). **Soundscape semiotics:** localization and categorization. Rijeka: InTech, 2014. p. 65-81.

FERRARI, S.; PICCININI, R.; SILVA, M.; EXADAKTYLOS, V.; BERCKMANS, D.; GUARINO, M. Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 96, n. 3-4, p. 276-280, 2010.

FIESP/ITAL. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo/Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Brasil Food Trends 2020.** São Paulo, 2010. p. 49-62.

FONSECA, L. **Os sons do pastejo.** Porto Alegre, 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <goo.gl/bONIR9>. Acesso em: abril/2017.

GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; DEMMENT, M. W.; LACA, E. A. Acoustic monitoring of chewing and intake of fresh and dry forages in steers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 128, n. 1-2, p. 14-30, 2006.

GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; MILONE, D. H.; LACA, E. A. Acoustic monitoring of short-term ingestive behaviour and intake in grazing sheep. **Livestock Science**, v. 140, n. 1-3, p. 32-41, 2011.

GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; SULLIVAN, M. L.; HAHN, G. L. Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 617-627, 2009.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; QUEIROZ, L. R.; SIMÕES, E. P.; CAMPANHA, M. M. Integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 29-44.

KADIM, I. T.; MAHGOUB, O.; AL-AJMI, D. S.; AL-MAQBALY, R. S.; AL-MUGHEIRY, S. M.; BARTOLOME, D. Y. The influence of season on quality characteristics of hot-boned beef *m. longissimus thoracis*. **Meat Science**, v. 66, n. 4, p. 831-836, 2004.

KARKI, U.; GOODMAN, M. S. Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. **Agroforestry Systems**, v. 78, p. 159-168, 2010.

KARVATTE Jr, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G.; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.1-9, 2016.

KENDALL, P. E.; NIELSEN, P. P.; WEBSTER, J. R.; VERKERK, G. A.; LITTLEJOHN, R. P.; MATTHEWS, L. R. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. **Livestock Science**, v. 103, p. 148-157, 2006.

LACA, E. A.; UNGAR, E. D.; SELIGMAN, N. G.; RAMEY, M. R.; DEMMENT, M. W. An integrated methodology for studying short-term grazing behavior of cattle. **Grass and Forage Science**, v. 47, n. 1, p. 81-90, 1992.

LACA, E. A.; WALLIS DE VRIES, M. F. Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. **Grass and Forage Science**, v. 55, n. 2, p. 97-104, 2000.

LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N.; VALENTIM, J. F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H. N. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1255-1263, 2014.

LAZZARINI, V. E. P. (Ed.). **Elementos de acústica**. Maynooth: National University of Ireland, 1998. 47 p.

LI, Y.; WU, Z. **Animal sound recognition based on double feature of spectrogram in real environment**. In: International Conference on Wireless Communications & Signal Processing. **Anais...** Hong Kong, China: 2015. p.1-5.

MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H.; OLIVEIRA, C. M. C. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, p. 781-790, 2011.

MARTHA Jr., G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 117-1126, 2011.

MILONE, D. H.; RUFINER, H. L.; GALLI, J. R.; LACA, E. A.; CANGIANO, C. A. Computational method for segmentation and classification of ingestive sounds in sheep. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 65, n. 2, p. 228-237, 2009.

MILONE, D. H.; GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; RUFINER, H. L.; LACA, E. A. Automatic recognition of ingestive sounds of cattle based on hidden Markov models. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 87, p. 51-55, 2012.

MOLENTO, C. F. M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos – revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MOZZER, G. B. Agriculture and cattle raising in the context of a low carbon economy. In: MOTA, R. S. (Ed.). **Climate change in Brazil: economic, social and regulatory aspects**. Brasília: IPEA, 2011. 358 p.

NADIN, L. B.; SÁNCHEZ CHOPA, F.; TRINDADE, J. K.; AMARAL, G.; MILANO, G. D.; MORENO, L. S.; GONDA, H. L. Comparison of methods to quantify bite rate in calves grazing winter oats with different structures. **Grassland Science in Europe**, v. 15, p. 898-900, 2010.

NEVES, M. L. M. W.; AZEVEDO, M.; COSTA, L. A. B.; GUIM, A.; LEITE, A. M.; CHAGAS, J. C. Níveis críticos do Índice de Conforto Térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 167-175, 2009.

NICODEMO, M. L. F.; MELOTTO, A. M. 10 anos de pesquisa em sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 1-28.

OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; BEHLING-NETO, A.; MARTINS, P. G. M. A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**, v. 31, n. 2, p. 167-175, 2014.

OLIVEIRA, S. E. O.; COSTA, C. C. M.; SOUSA Jr, J. B. F.; COSTA, L. L. M.; QUEIROZ, J. P. A. F.; MAIA, A. S. C. **Efeitos da radiação solar no tempo de pastejo de vacas Holandesas em lactação no semi-árido**. In: V Congresso Brasileiro de Biometeorologia. **Anais...** Piracicaba, SP, Brasil: 2011.

PIRES, M. F. A.; SALLA, L. E.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; PEIXOTO, M. G. C. D.; TEODORO, R. L.; AROEIRA, L. J. M.; COSTA, F. J. N. **Physiological and behavioural parameters of crossbred in single *Brachiaria decumbens* pastures and in silvipastoral system**. In: Livestock and Global Climate Change. **Anais...** Hammamet, Tunisia: EEAP, 2008.

PIRES, M. F. A.; PACIULLO, D. S. C. Bem-estar animal em sistemas integrados. In: LAURA, V. A.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 117-133.

PIRES, M. F. A.; PACIULLO, D. S. C.; PIRES, J. A. A. Conforto animal no sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 81-89, 2010.

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. **Efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos**. In: Congresso Nordestino de Produção de Ruminantes e Não Ruminantes. **Anais...** Teresina, PI, Brasil: Sociedade Brasileira de Produção Animal, 2000.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul**: para que adotá-los. Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, Campo Grande. CD-314 Rom. Campo Grande: Embrapa, 2003.

REIS, R. A.; SILVA, S. C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 83-109.

RODRIGUES, E. **Fisiologia da homeotermia**. Conforto Térmico das Construções. 2006. Disponível em: < goo.gl/TNQwvF >. Acesso em: setembro/2016.

ROSSING, T. D. A brief history of acoustics. In: _____. **Springer handbook of acoustics**. New York: Springer Science + Business Media, 2007. p. 9-23.

SANTANA, L. R. C.; ARAÚJO, F. L.; SANTANA, N. M.; EIRAS, C. E.; ALENCAR, A. M.; GIRARDI, L. M.; VALLE, S. V.; MATOS, L. H. A.; PINTO FILHO, R. C.; MARQUES, L. A. Comportamento ingestivo de bovinos: pastejo contínuo em *Brachiaria decumbens*. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v. 1, n. 2, p. 72-77, 2012.

SANTOS, B. R. C.; VOLTOLINI, T. V.; SALLA, L. E. Comportamento de pastoreio. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 11, n. 4, 2010.

SETZ, E. Z. F. Métodos de quantificação de comportamento de primatas em estudos de campo. **A Primatologia no Brasil**, v. 3, p. 411-435, 1991.

SCHAFER, R. M. Os sons dos animais. In: SCHAFER, R. M. (Ed.). **A afinação do mundo**: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora. São Paulo: Editora UNESP, 2001. p. 66-67.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Editora Nobel, 2000. 285 p.

SOUSA Jr, S. C.; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M.; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semi-árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 127-137, 2008.

SOUTO, A. Iniciando a investigação do comportamento. In: _____. **Etologia**: princípios e reflexões. 3 ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 34-78.

SOUZA, C. D. F.; TINÔCO, I. D. F.; BAÊTA, F. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 157-164, 2002.

SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. A.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L. M. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 677-684, 2010.

SZŐKE, A. P.; GUNN, W. W. H.; FILIP, M. The musical microcosm of the hermit thrush. **Akadémiai Kiadó**, v. 11, p. 423-438, 1969.

THOM, E. C. Cooling degrees: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, v. 55, p. 65-72, 1958.

TOLEDO, L. M.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; TITTO, E. A. L.; FIGUEIREDO, L. A.; ABLAS, D. S. Impactos de variáveis climáticas na agilidade de bezerros Nelore neonatos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1399-1404, 2007.

TRUMBO, B. A.; WISE, L. M.; HUDY, M. Influence of protective shielding devices on recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change modeling. **National Environment Science**, v. 3, n. 1, p. 42-50, 2012.

UNGAR, E. D.; RUTTER, S. M. Classifying cattle jaw movements: comparing IGER Behaviour Recorder and acoustics techniques. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 98, n. 1-2, p. 11-27, 2006.

VIELLIARD, J.; SILVA, M. L. A bioacústica como ferramenta de pesquisa em comportamento animal. **Bulletin**, p. 1-15, 2004.

XUAN, C.; MA, Y.; WU, P.; ZHANG, L.; HAO, M.; ZHANG, X. Behavior classification and recognition for facility breeding sheep based on acoustic signal weighted feature. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural**, v. 32, n. 19, p. 195-202, 2016.